COMPTES RENDUS

HEBDOMADAIRES

DES SÉANCES

DE L'ACADÉMIE DES SCIENCES.

PARIS. — IMPRIMERIE GAUTHIER-VILLARS, QUAI DES GRANDS-AUGUSTINS, 55.

COMPTES RENDUS

HEBDOMADAIRES

DES SÉANCES

DE L'ACADÉMIE DES SCIENCES,

PUBLIÉS,

CONFORMÉMENT A UNE DÉCISION DE L'ACADÉMIE

EN DATE DU 13 JUILLET 1835,

PAR MM. LES SECRÉTAIRES PERPÉTUELS,

AVEC LE CONCOURS
DU CENTRE NATIONAL DE LA RECHERCHE SCIENTIFIQUE.

TOME DEUX-CENT-TRENTE-CINQUIÈME.

JUILLET — DÉCEMBRE 1952.

PARIS,

GAUTHIER-VILLARS, IMPRIMEUR-LIBRAIRE
DES COMPTES RENDUS DES SÉANCES DE L'ACADÉMIE DES SCIENCES,
Quai des Grands-Augustins, 55.

1952

COMPTES RENDUS

DES SÉANCES

DE L'ACADÉMIE DES SCIENCES.

SÉANCE DU LUNDI 7 JUILLET 1952.

PRÉSIDENCE DE M. ALBERT CAQUOT.

MÉMOIRES ET COMMUNICATIONS

DES MEMBRES ET DES CORRESPONDANTS DE L'ACADÉMIE.

M. le **PRÉSIDENT** signale à l'Académie qu'à l'occasion de la Fête Nationale, la prochaine séance hebdomadaire aura lieu le mercredi 16 juillet, au lieu du lundi 14.

BIOLOGIE. — *Archiannélides des mers indochinoises.* Note de M. **CONSTANTIN DAWYDOFF.**

Le seul représentant de ce groupe d'Annélides, qui figurait jusqu'ici dans l'inventaire de la faune d'Indochine, était *Polygordius epitocus* Dawydoff [1] dont l'apparition sporadique dans le plancton indochinois a été constatée par moi dans ma Note préliminaire (Dawydoff, 1948). D'ailleurs, la présence dans le même plancton des formes larvaires, appartenant indiscutablement à ce genre, n'a laissé en moi déjà, au début de mon activité en Indochine, aucun doute que dans son domaine maritime existent au moins deux espèces de *Polygordius* encore inconnues. Or, mes

---

[1] Cette espèce a été décrite (Dawydoff, 1905) sur le matériel recueilli par moi en 1902 dans la Mer d'Arafura (Nouvelle-Guinée).

études méthodiques sur la population animale hébergée par le sable des plages des baies d'Annam (baies de Nhatrang, de Camranch, de Vung-Ro) ont confirmé pleinement ma supposition. Elles ont démontré que le faciès sablonneux des côtes du Sud-Annam contient au moins une espèce d'une Archiannélide qui nous occupe et que cette espèce ne cadre ni avec les espèces méditerranéennes et atlantiques, ni avec l'espèce japonaise : (*P. ijimai* Izuka). Il s'agit d'une espèce nouvelle pour la science dont la description détaillée sera donnée plus tard.

En outre de cette espèce annamite, apparemment endémique, j'ai constaté la présence dans la faune côtière de l'Indochine encore d'une espèce de *Polygordius*. Il s'agissait cette fois de l'espèce identique avec l'espèce du Japon, *Polygordius ijimai* Izuka. J'ai trouvé, tout d'abord, ce *Polygordius* sur le littoral du Golfe du Tonkin et, ensuite, sur les plages du Nord-Annam et même sur celles de Poulo Condore. Partout en Indochine l'espèce en question paraît être rare et se tient sur les profondeurs dépassant 20 m.

La deuxième forme des Archiannélides, que j'ai trouvée dans les mers indochinoises, c'est *Saccocirrus*. On sait que les eaux du Pacifique japonais hébergent une espèce de ce genre et que cette espèce est identique avec l'espèce méditerranéenne : *S. major* Pierantoni (Tohru Uchida, 1933). En Indochine, j'ai rencontré ce *Saccocirrus* deux fois : premièrement, dans la Baie d'Along (Tonkin) et, deuxièmement, dans le Golfe de Siam (à Sré Umbell), sur l'extrémité opposée du domaine maritime indochinois. Dans ces deux localités, l'espèce en question m'a paru plutôt rare; je n'en ai recueilli que cinq individus en tout.

Le *Saccocirrus major* n'est pas le seul représentant du genre, dont il est question, dans la faune de l'Indochine. En effet, sur les plages de la Baie de Nhatrang, ainsi que sur celles des îles de l'Archipel Poulo-Condore, j'ai eu la bonne fortune de trouver une seconde espèce de *Saccocirrus*, espèce classique (la première qui ait été décrite par l'auteur du genre) *S. papillocercus* Bobretzky. Cette espèce jusqu'ici n'a pas été marquée pour la faune du Japon, mais sa présence dans les eaux indochinoises nous autorise à prévoir qu'elle sera trouvée dans le Pacifique japonais.

Le troisième genre classique du groupe qui nous occupe et que j'ai trouvé en Indochine, c'est *Protodrilus*. J'en possède plusieurs échantillons trouvés sur les plages du Sud-Annam (y compris la plage de Caûda, au pied même de l'Institut Océanographique de Nhatrang). Tous les individus en question appartiennent aussi à l'espèce méditerranéenne : *Protodrilus flavocapitatus* Bobr., sauf un qui présente quelques déviations morphologiques, suffisantes, peut-être, pour créer pour cet individu une espèce nouvelle. Le manque de matériel ne me permet pas, à l'heure actuelle, de résoudre la question.

Enfin, il nous reste à faire mention encore d'un représentant des Archiannélides (ou du groupe qui en est proche). Nous avons en vue les *Dinophilus*. J'ai trouvé au moins deux représentants de ce genre dans le plancton indochinois : une espèce de très grande taille (atteignant 2,5 à 3 mm), l'autre, au contraire, microscopique ne dépassant pas 0,3 mm de long. La première espèce, que j'ai identifiée avec *D. gigas*, a été recueillie non seulement dans le plancton, mais sa présence a été constatée aussi plusieurs fois dans les produits de triage du matériel provenant de l'écrasement de blocs des madréporaires. Ceci prouve qu'à certains moments de son existence, l'animal en question mène la vie des organismes benthiques.

DÉSIGNATIONS.

MM. **Jean Chazy** et **Gustave Ribaud** sont désignés pour représenter l'Académie à la Cérémonie qui aura lieu à Auxerre, à l'occasion de l'inauguration d'un médaillon à l'effigie de **Joseph Fourier**.

M. **Gabriel Bertrand** est désigné pour représenter l'Académie à la séance solennelle d'ouverture du **IIe Congrès international de Biochimie**, qui aura lieu à la Sorbonne, le 21 juillet 1952.

CORRESPONDANCE.

M. le **Secrétaire perpétuel** signale, parmi les pièces imprimées de la Correspondance :

1° *Martempering. Invention and Early History*, by Richard F. Harvey.

2° Union astronomique internationale. *Congresso mondiale di Astronomia*. VIII. *Assemblea generale dell' Unione Astronomica Internazionale. Programma preliminare* (Rome, 4-13 septembre 1952).

3° G. Stein S. I. et G. Junkes S. I. *La Specola Vaticana. Nel passato e nel presente*.

4° *Revista de calculo automatico y cibernetica* (Madrid). Año I, n° 1.

5° Deutsche geodätische Kommission bei der Bayerischen Akademie der Wissenschaften. Reihe A : Höhere Geodäsie. *Veröffentlichung*, n° 1.

6° Fisheries Agency, Tokyo. Fishing Boat Series II. *Study of the ultrasonic echo-sounder, fish-finder and its application*.

7° *Acta microbiologica polonica*. Vol. I, n° 1.

FONCTIONS SPÉCIALES. — *Équations intégrales et fonctions de Lamé.* Note (*) de M. **Robert Campbell**, présentée par M. Joseph Pérès.

Il reste à étudier un dernier cas auquel s'applique la méthode exposée et utilisée dans la précédente Note ([1]).

Comme l'a montré M. Lagrange ([2]), les surfaces de révolution les plus générales admettant des harmoniques sont celles dont les méridiennes sont des quartiques bicirculaires (Q) admettant un foyer réel sur l'axe de révolution (elles dépendent de 5 paramètres). Avec les mêmes notations que précédemment, si, dans un plan méridien $\rho = \rho(\eta, \theta)$, $z = z(\eta, \theta)$ désignent une ovale de Descartes d'axe focal Oz et $\rho_1 = \rho_1(\eta, \theta)$, $z_1 = z_1(\eta, \theta)$ une quartique (Q), les coordonnées z, ρ, z_1, ρ_1 sont liées par l'anallagmatie

$$(z + i\rho - l)(z_1 + i\rho_1 - l_1) = m^2,$$

l et l_1 étant des constantes effectivement complexes : $l = \gamma + i\delta$, $l_1 = \gamma_1 + i\delta_1$. L'explicitation de ρ_1 et z_1 en fonction de η, θ étant compliquée, nous nous contentons de former le noyau N_1, qui ne contient pas z_1 ; on a

$$\rho_1 = \frac{1 - 2\sigma - 2k'^2\tau + k^2(\sigma^2 + k\sigma\tau + k^2\tau^2)}{[(z-\gamma)^2 + (\rho - \delta)^2](\sigma^2 - 4\tau)}, \tag{1}$$

où $\sigma = s^2 + s'^2$, $\tau = (ss')^2$. Une solution U_1 de l'équation de Laplace s'écrit alors

$$U_1 = \rho_1^{-\frac{1}{2}} H_1(\eta) T_1(\theta) \cos m\psi,$$

H_1 étant solution de l'équation

$$\frac{d^2 H_1}{d\eta^2} = \left[\left(m^2 - \frac{1}{4}\right) k'^2 \, sn^2\eta \, nc^2\eta + A\right] H_1 \tag{2}$$

et T_1 se déduisant de H_1 par le changement de η en $i\theta$.

Les solutions de période $4K$ de l'équation (2) satisferont à une équation intégrale de noyau $\rho_1^{m+\frac{1}{2}}$. Or, l'équation (2) par le changement $\eta + K'' = y$ et grâce à la formule : $k'^2 \, sn^2\eta \, nc^2\eta = -dn^2(\eta + K'')$ s'écrit

$$\frac{d^2 H_1}{dy^2} = \left[\left(m^2 - \frac{1}{4}\right) k^2 \, sn^2 y + A'\right] H_1 \tag{2'}$$

qui n'est autre que l'équation de Lamé.

Les changements de variable $\eta = y - K''$, $i\theta = y' - K''$ transforment donc l'expression $\rho_1^{m+\frac{1}{2}}(\eta, \theta)$ en $\mathcal{M}(y, y')$ qui est un noyau d'équation intégrale

(*) Séance du 30 juin 1952.

([1]) Cf. *Comptes rendus*, **234**, 1952, p. 2515.

([2]) Cf. *Acta Mathematica*, **71**, 1939, p. 307.

satisfaite par une fonction de Lamé

$$E^{N}_{m-\frac{1}{2}}(y) = \lambda_N \int_0^{4K} \mathfrak{M}(y, y')\, E^{N}_{m-\frac{1}{2}}(y')\, dy'.$$

Ce calcul de $\mathfrak{M}$ s'effectue à l'aide d'une formule de Glaisher

$$s^2 = \mathrm{sn}^2 \frac{y - K''}{2} = \frac{k' \,\mathrm{cn}\, y - ik}{k' \,\mathrm{cn}\, y + ik'^2 \,\mathrm{sn}\, y}$$

qui fournit immédiatement σ et τ de (1).

Il est remarquable que l'on retombe sur la même équation (2), dans un problème tout différent et résolu aussi par M. Lagrange [3], celui de la recherche des harmoniques des cônes du second degré homofocaux de sommet O. Si l'on pose en effet :

$$x = r \sin\alpha \cos\beta, \qquad y = r \sin\alpha \sin\beta, \qquad z = r \cos\alpha,$$

α et β sont tels, pour ces cônes, qu'on peut déterminer deux variables (que pour l'unité des notations nous appellerons encore η et θ) en fonction desquelles la quantité $\mathrm{tg}(\alpha/2)e^{i\beta}$ ait même expression que la quantité $z + i\rho$ de la théorie précédente.

L'équation de Laplace admet alors, en η et θ, des solutions de la forme

$$V = \left\{ \begin{matrix} r^n \\ r^{-n-1} \end{matrix} \right\} N(\eta)\, P(\theta),$$

$N(\eta)$ étant solution de

$$\frac{d^2 N}{d\eta^2} = [n(n+1)k'^2 \mathrm{sn}^2\eta\, \mathrm{nc}^2\eta + B] N$$

qui est bien de la forme (2) c'est-à-dire de Lamé. Comme on connaît déjà, en r, α, β les solutions de l'équation de Laplace

$$V_0 = \left\{ \begin{matrix} r^n \\ r^{-n-1} \end{matrix} \right\} e^{in\beta} \left\{ \begin{matrix} P^n_{n'}(\cos\alpha) \\ Q^n_{n'}(\cos\alpha) \end{matrix} \right.$$

($P^n_{n'}\, Q^n_{n'}$ étant les fonctions de Legendre) la quantité V_0, exprimée avec les variables η et θ d'abord, puis $y = \eta + K''$, $y' = i\theta + K''$ fournit un nouveau noyau symétrique $\mathfrak{M}^*(y, y')$ pour une équation intégrale de la forme (3).

Si k devient nul, les quantités K' et K'' n'ont plus de sens; les ovales de Descartes ont un foyer réel double, l'équation de Lamé laissée sous la première forme trouvée

$$H'' - \left\{ \left[m^2 - \left(\frac{1}{4} \right) \right] \mathrm{ns}^2\theta + \lambda \right\} H = 0$$

tend vers celle de Gegenbauer. Les quantités ρ et z deviennent

$$\rho = \frac{2 \sin\theta \sin\theta'}{(\cos\theta - \cos\theta')^2}, \qquad z = \frac{\sin^2\theta + \sin^2\theta'}{(\cos\theta - \cos\theta')^2}.$$

---

(3) Cf. *Acta Math.*, 79, 1946, p. 1.

Substituées dans $\rho^{m+\frac{1}{2}}$ et $\sqrt{\rho}\, e^{-qz} J_m(q\rho)$, elles fournissent des noyaux d'équations intégrales pour les fonctions de Gegenbauer, comme on le vérifie en leur appliquant l'opérateur de Ince-Whittaker ([4]).

TOPOLOGIE CARTÉSIENNE. — *Domaines réguliers et domaines normaux.* Note (*) de M. **Tullio Viola**, présentée par M. Arnaud Denjoy.

Comparaison entre les domaines, définis réguliers et étudiés dans deux Notes précédentes, et les domaines sommes de domaines normaux ou autrement déduits des domaines normaux.

1. Cette Note a pour objet de confronter les domaines *réguliers*, que j'ai étudiés précédemment ([1]), avec ceux que l'on rencontre chez d'autres auteurs. Par exemple Courant et Hilbert, dans leur traité bien connu, ont résolu des problèmes relatifs à certaines équations différentielles du type elliptique, se bornant à considérer des domaines obtenus par synthèse, à partir de domaines particuliers d'un type très simple, généralement dits normaux.

Selon M. Picone un *domaine normal* de S_r est défini de la façon suivante. Soit D_0 un domaine fermé quelconque, borné et mesurable, dans l'hyperplan coordonné $x_k = 0$ (k quelconque, $1 \leqq k \leqq r$), et soient $f_1(P)$, $f_2(P)$ deux fonctions continues en D_0, telles que $f_1(P) < f_2(P)$ en tout point de $D_0 - \mathcal{F}D_0$. Le domaine fermé $D \subset S_r$, défini par les limitations

$$f_1(P) \leqq x_k \leqq f_2(P) \qquad P \in D_0,$$

est dit *normal par rapport à l'hyperplan* $x_k = 0$.

La somme d'un nombre fini de domaines normaux, bornés par un nombre fini de portions ouvertes $\Sigma_i (i = 1, 2, \ldots)$ d'hypersurfaces de classe 1, est un domaine fermé Ω, dont la frontière $\mathcal{F}\Omega$ contient, à son tour, certaines portions du même type. $\mathcal{F}\Omega$ est la fermeture de la somme de toutes ces portions. On peut démontrer que le domaine ouvert $A = \Omega - \mathcal{F}\Omega$ est régulier, si et si seulement $\mathcal{F}\Omega$ est hypersuperficiellement mesurable ([2]). Il est facile qu'une telle condition ne se vérifie pas, lorsqu'on effectue une somme de domaines, normaux dans le sens précisé ([3]).

([4]) *Proc. Royal Soc. Edinburgh*, 42, 1922-23, p. 1.

(*) Séance du 30 juin 1952.

([1]) *Comptes rendus*, 234, 1952, p. 2513-2515 et 2585. Les notations des deux Notes précédentes seront conservées dans la suite.

([2]) Nous entendons par là que chacun des produits $\Sigma_i \mathcal{F}\Omega (1, 2, \ldots)$ a une frontière hypersuperficielle de mesure hypersuperficielle nulle sur Σ_i.

([3]) Il est même possible de résoudre le problème « un nombre $\varepsilon > 0$ étant arbitrai-

2. Les trois exemples suivants donneront une idée suffisamment claire des cas qui peuvent se présenter, en faisant la somme d'un nombre fini de domaines normaux. Ils montreront aussi la différence profonde qui existe entre une telle somme et un domaine *régulier*, suivant notre définition.

α. Soient : E un ensemble linéaire parfait, strictement contenu dans l'intervalle (0, 1), partout non dense en (0, 1); $x_2 = \varphi(x_1)$ une fonction définie sur (0,1), pourvue de dérivée première continue, nulle sur E, telle que $0 < \varphi(x_1) < 1$ hors de E; Ω la somme de trois domaines suivants, normaux en S_2 :

$$D_1[-1 \leq x_1 \leq 0,\ -1 \leq x_2 \leq 1], \qquad D_2[0 \leq x_1 \leq 1,\ -1 \leq x_2 \leq 0],$$
$$D_3[0 \leq x_1 \leq 1,\ \varphi(x_1) \leq x_2 \leq 1].$$

Le domaine ouvert $A = \Omega - \mathcal{F}\Omega$ est simplement connexe. $\mathcal{F}A$ est formée de six portions ouvertes de courbes régulières, c'est-à-dire des quatre segments

$$\Gamma_1[-x_1 \leq 1,\ x_2 = -1], \qquad \Gamma_2[-1 \leq x_1 \leq 1,\ x_2 = 1],$$
$$\Gamma_3[x_1 = -1,\ -1 \leq x_2 1 \leq 1], \qquad \Gamma_4[x_1 = 1,\ -1 \leq x_2 \leq 1],$$

du segment $\Gamma_5[0 \leq x_1 \leq 1,\ x_2 = 0]$ et de l'arc Γ_6 de courbe dont l'équation est $x_2 = \varphi(x_1)[x_1 \in (0, 1)]$. Si et si seulement E a une mesure linéaire nulle, A est régulier : dans ce cas les ensembles N_1, N_2, N_3, N_4 sont vides, tandis que $N_5 = N_6 = E$ (privé du point 1).

β. Soient $(u_i, v_i)\ (i = 1, 2, \ldots)$ les intervalles partiels de (0, 1), contigus à E (*voir* α); $x_2 = \varphi(x_1)$ une fonction définie sur (0, 1), pourvue de dérivée première continue telle que $0 \leq \varphi(x_1) < 1$, positive à l'intérieur des intervalles $[u_i, (u_i + v_i)/2]\ (i = 1, 2, \ldots)$, nulle par ailleurs; Ω défini comme en α. Le domaine ouvert $A = \Omega - \mathcal{F}\Omega$ a un ordre infini de connexion. $\mathcal{F}A$ peut s'obtenir en ajoutant une infinité de portions de courbes régulières à l'ensemble des points de E qui ne sont pas isolés du côté droit. Les portions nommées sont les quatre segments Γ_1, Γ_2, Γ_3, Γ_4 de l'exemple α, les segments

$$u_i \leq x_1 \leq \frac{u_i + v_i}{2}, \qquad x_2 = 0 \qquad (i = 1, 2, \ldots),$$

et les arcs

$$u_i \leq x_1 \leq \frac{u_i + v_i}{2}, \qquad x_2 = \varphi(x_1)\ (i = 1, 2, \ldots).$$

$\mathcal{F}A$ est contenue dans la somme des six portions Γ_1, Γ_2, Γ_3, Γ_4, Γ_5, Γ_6 définies comme à l'ex. α. A est régulier si et si seulement E a une mesure linéaire nulle : dans ce cas les ensembles N_1, N_2, N_3, N_4 sont vides, tandis que N_5 et N_6 coïncident tous les deux avec la somme de E (privé du point 1) et de la suite des points $(u_i + v_i)/2\ (i = 1, 2, \ldots)$.

---

rement fixé, construire un domaine Ω, somme d'un nombre fini de domaines normaux, de façon que le rapport entre la mesure hypersuperficielle intérieure de $\mathcal{F}\Omega$ et la mesure hypersuperficielle extérieure, soit plus petit que ε ».

γ. Soit A le domaine ouvert formé, en S_2, par tous les points intérieurs à l'intervalle carré d'extrêmes $[-1, -1]$, $[1, 1]$, exception faite pour les points de l'ensemble linéaire E des exemples α, β. A ne peut être considéré, en aucune manière, comme différence $\Omega - \mathcal{F}\Omega$ (au sens du n. 1) et il est régulier si et si seulement E a une mesure linéaire nulle. $\mathcal{F}A$ est la somme de E (pour $x_2 = 0$) et des quatre portions Γ_1, Γ_2, Γ_3, Γ_4 des exemples α, β : elle est contenue dans la somme $\Gamma_1 + \Gamma_2 + \Gamma_3 + \Gamma_4 + \Gamma_5$, Γ_5 étant définie comme en α, β. Si A est régulier, les ensembles N_1, N_2, N_3, N_4, N_5 sont les mêmes que dans l'ex. α.

GÉOMÉTRIE DIFFÉRENTIELLE GLOBALE. — *Variétés pseudokählériennes à courbure de Ricci non nulle; application aux domaines bornés homogènes de* C^n. Note de M. **André Lichnerowicz**, présentée par M. Joseph Pérès.

Le groupe d'holonomie homogène restreinte σ_x de toute variété pseudokählérienne à courbure de Ricci différente de zéro admet un centre non discret. Un espace homogène G/H (H compact) admettant une métrique kählérienne invariante par G à courbure de Ricci non nulle est symétrique si le groupe $\tilde{H}_0$ linéaire connexe d'isotropie est irréductible. Il en est ainsi pour les domaines bornés homogènes de C^n à $\tilde{H}_0$ irréductible.

1. Soit V_{2n} une variété riemannienne de classe C^2 admettant une forme quadratique F de rang $2n$, échangeable avec la métrique et à dérivée covariante nulle dans cette métrique. Une telle variété est dite *pseudokählérienne* (1). D'après l'échangeabilité, il existe des formes locales de différentielles réelles à coefficients complexes θ^α, $\theta^{\alpha^*} = \bar{\theta}^\alpha$ (α et tout indice grec $= 1, \ldots, n$; $\alpha^* = \alpha + n$) telles que

$$ds^2 = 2\sum_\alpha \theta^\alpha \theta^{\alpha^*}, \qquad F = i\sum_\alpha \theta^\alpha \wedge \theta^{\alpha^*}. \tag{1}$$

Les repères correspondants sont dits adaptés à la structure pseudokählérienne. Les éléments géométriques introduits sont relatifs à la connexion riemannienne associée au ds^2, mais sont exprimés par leurs composantes relatives aux θ^k (k et tout indice latin $= 1, \ldots, 2n$). Dans le formalisme d'E. Cartan, les formules fondamentales de la géométrie pseudokählériennne sont

$$\theta^\alpha = \theta^\beta \wedge \pi_\beta{}^\alpha, \tag{2}$$

$$d\pi_\alpha{}^\beta = \pi_\alpha{}^\rho \wedge \pi_\rho{}^\beta + \Omega_\alpha{}^\beta, \tag{3}$$

où les π définissent la connexion et les Ω la courbure. On posera $\pi_\alpha{}^\beta = \gamma_{\alpha k}^{\beta}\theta^k$ et

(1) Localement kählérienne dans la terminologie du Séminaire Bourbaki, février 1952; *cf.* Lichnerowicz, *Colloque de géométrie différentielle de Louvain*, 1951, p. 99-122; Borel et Lichnerowicz, *Comptes rendus*, 234, 1952, p. 1835, et 234, 1952, p. 2332, notés respectivement BLI et BLII.

l'on observera que la forme quadratique extérieure associée à la courbure de Ricci est donnée par

$$iR_{\lambda\mu}\theta^{\lambda}\wedge\theta^{\mu*}=-i\Omega_{\alpha}{}^{\alpha}=-d(i\pi_{\alpha}{}^{\alpha}). \tag{4}$$

On voit enfin (²) que pour qu'une variété riemannienne V_{2n} soit pseudo-kählérienne, il faut et il suffit que son groupe d'holonomie homogène Ψ_x soit sous-groupe de la représentation réelle de $U(n)$. Si V_{2n} est pseudo kählérienne, son revêtement universel V'_{2n}, muni des éléments images réciproques de (1), admet une structure pseudo kählérienne de groupe d'holonomie homogène σ_x.

2. Supposons que σ_x soit sous-groupe de la représentation réelle de $SU(n)$ [nous identifierons σ_x au sous-groupe correspondant de $SU(n)$ et dirons brièvement que σ_x appartient à $SU(n)$]; sans changer les notations substituons V'_{2n} à V_{2n}. On peut alors, sur V'_{2n}, se restreindre à des bases complexes ne différant les unes des autres que par des transformations de $SU(n)$. Il en résulte que $\eta=\theta^1\wedge\ldots\wedge\theta^n$ définit une forme de V'_{2n} à dérivée covariante nulle. Or

$$\nabla_k\eta_{\alpha_1\ldots\alpha_n}=-\gamma^{\rho}_{\rho k}\eta_{\alpha_1\ldots\alpha_n}. \tag{5}$$

On en déduit dans ce cas $\pi_{\rho}{}^{\rho}=0$ et, d'après (4), la nullité des courbures de Ricci de V'_{2n} ou V_{2n}.

Réciproquement supposons nulle la courbure de Ricci. A tout point x' de V'_{2n}, il est possible d'associer un voisinage $U_{x'}$ tel que $-i\pi_{\alpha}{}^{\alpha}=d\varphi$ (φ scalaire réel). La forme $e^{i\varphi}\theta^1\wedge\ldots\wedge\theta^n$ de $U_{x'}$ est invariante par les rotations induites par les lacets de $U_{x'}$. Ainsi les rotations de σ_x induites par les lacets petits de V'_{2n} appartiennent à $SU(n)$; il en est donc de même pour celles induites par des lassos (³) et σ_x appartient à $SU(n)$.

THÉORÈME 1. — *Pour qu'une variété pseudo kählérienne admette un groupe d'holonomie homogène restreinte σ_x sous-groupe de la représentation réelle de* $SU(n)$, *il faut et il suffit qu'elle soit à courbure de Ricci nulle.*

A toute transformation du groupe σ_x d'une variété pseudo kählérienne quelconque, associons la transformation induite sur la forme $\theta^1\wedge\theta^2\wedge\ldots\wedge\theta^n$. On définit ainsi un homomorphisme, de noyau $\sigma_x\cap SU(n)$, du groupe σ_x sur un groupe Γ qui est soit groupe abélien à un paramètre, soit réduit à l'identité. Si le centre de σ_x est discret, c'est la dernière hypothèse qui se produit et la courbure de Ricci est nulle (théorème 1). On a :

THÉORÈME 2. — *Le groupe d'holonomie homogène restreint σ_x de toute variété pseudo kälérienne V_{2n} à courbure de Ricci différente de zéro, admet un centre non discret.*

Si σ_x est irréductible, la rotation infinitésimale définie par la forme anti-

---

(²) BLI, théorème 4.

(³) BLI, § 3.

symétrique F appartient ainsi à l'algèbre de Lie de σ_x. On sait que tout espace symétrique à courbure de Ricci nulle est localement euclidien; d'où :

COROLLAIRE. — *Le groupe d'holonomie homogène restreint σ_x de tout espace hermitien symétrique (non localement unitaire) admet un centre non discret* ([4]).

3. Soit V_{2n} un espace homogène G/H (H compact) admettant une métrique kählérienne invariante par G à courbure de Ricci non nulle. Supposons de plus le groupe $\tilde{H}_0$ linéaire connexe d'isotropie irréductible (dans le réel). Considérons le revêtement V^0_{2n} de V_{2n} associé à la composante connexe d'isotropie, muni de la métrique image réciproque. $\tilde{H}_0$ *ne peut appartenir à la représentation réelle de* SU(n). Sinon, il existe une forme de type (n, o) invariante par $\tilde{H}_0$ et par suite sur V^0_{2n} une forme différentielle de ce type invariante par G. Si l'on utilise des repères adaptés à G, $\eta = \theta^1 \wedge \ldots \wedge \theta^n$ est la représentation locale d'une telle forme; la dérivée covariante de η est aussi invariante par G et est donnée par (5). De l'irréductibilité de $\tilde{H}_0$ résulte, pour $n \neq 1$, $\gamma_\rho{}^\rho{}_k = 0$ et la courbure de Ricci serait nulle. $\tilde{H}_0$ admet ainsi un centre non discret; d'après l'irréductibilité de $\tilde{H}_0$, la rotation infinitésimale définie par la forme F appartient à l'algèbre de Lie de $\tilde{H}_0$ et V_{2n} est un espace hermitien symétrique.

THÉORÈME 3. — *Si un espace homogène V_{2n} = G/H (H compact, $n > 1$) admet une métrique kählérienne invariante par G à courbure de Ricci non nulle et si $\tilde{H}_0$ est irréductible, V_{2n} est hermitien symétrique.*

Tout domaine borné homogène ([5]) de C^n peut être envisagé comme espace homogène G/H admettant une métrique kählérienne invariante par G (la métrique de Bergmann) à courbure de Ricci non nulle ($R_{\lambda\mu^*} = g_{\lambda\mu^*}$). On en déduit :

COROLLAIRE. — *Tout domaine borné homogène de C^n qui peut être défini comme espace homogène G/H tel que le groupe $\tilde{H}_0$ linéaire connexe d'isotropie soit irréductible est symétrique.*

CALCUL DES PROBABILITÉS. — *Sur la probabilité de l'hypothèse de périodicité.* Note de M. **MATTHIAS MATSCHINSKI**, présentée par M. Émile Borel.

Dans les Notes précédentes, l'auteur a établi le principe de l'uniformité et a calculé, à l'aide de ce principe, la probabilité d'une hypothèse donnée sous une forme algébrique ([1]). Ici il applique les mêmes idées au cas d'une hypothèse non algébrique, notamment à l'hypothèse de périodicité (§ 1 et 2, développement de la théorie; § 3 et 4, procédé d'application; § 5, exemple).

1. Soit $AP_{i,\omega_k}(t)$ une fonction périodique avec les extremums

$$\text{extr. } AP_{i,\omega_k}(t) = \pm A,$$

([4]) Ceci est aussi une conséquence de BLII.

([5]) E. CARTAN, *Abh. Sem. Hamburg*, 11, 1936, p. 116-162.

la fréquence ω_k et la période T_k; soit le symbole de Dyanine : $\Lambda(\alpha, t, \beta) = 1$ pour $\alpha < t < \beta$ et $\Lambda(\alpha, t, \beta) = 0$ pour $t < \alpha$ ou $\beta < t$. Considérons

$$f_{\text{b.d.}}(t) = \sum_{0<i<I} \sum_{0<k<K} \Lambda(\alpha_{i,k}, t, \beta_{i,k}) A_{i,\omega_k} P_{i,\omega_k}(t)$$

constituée des parties des fonctions sus-mentionnées. Si elle est constituée de telle manière que jamais l'une des fonctions constituantes ne se superpose à l'autre $[\Lambda(\alpha_{i,k}, t, \beta_{i,k})\Lambda(\alpha_{j,l}, t, \beta_{j,l}) = 0$; si $i \neq j$ ou $k \neq l]$, disons que $f_{\text{b.d.}}(t)$ forme un ensemble bien distribué. Supposant l'uniformité des causes provoquant chacune des $A_{i,\omega_k} P_{i,\omega_k}(t)$ et appliquant le principe de l'uniformité [1], on voit que la probabilité de trouver sur le graphique la fonction de la fréquence ω_k est proportionnelle à la surface occupée par cette fonction sur le graphique : $W_{\omega_k} = \text{const.} \sum_{0<i<I} l_{i,\omega_k} A_{i,\omega_k}$ où l_{i,ω_k} est la longueur de la zone occupée par $A_{i,\omega_k} P_{i,\omega_k}(t)$ sur le graphique; évidemment, $l_{i,\omega k} = N_{i,\omega_k} T_k$ où N_{i,ω_k} est le nombre des extremums de $A_{i,\omega_k} P_{i,\omega_k}(t)$ compté sur le graphique. Il est visible que W_{ω_k} s'écrit aussi sous la forme

$$W_{\omega_k \S 1} = M \sum_{0<i<I} N_{i,\omega_k} A_{i,\omega_k} \qquad \text{où} \quad M \to 1 : \sum_i \sum_k N_{i,\omega_k} A_{i,\omega_k}.$$

2. Imaginons maintenant que les fonctions et les parties des fonctions $A_{i,\omega_k} P_{i,\omega_k}(t)$, au lieu d'occuper les intervalles isolés : $(\beta_{i,k} - \alpha_{i,k})$ commenceront à élargir leurs zones en pénétrant les unes dans les zones des autres. Dans le cas général les valeurs $W_{\omega_k \S 1}$ commenceront à varier; les probabilités des fonctions $A_{i,\omega_k} P_{i,\omega_k}(t)$ qui deviendront prédominantes augmenteront, alors que celles des autres fonctions diminueront. On ne peut augmenter les probabilités des unes sans diminuer celles des autres, la somme étant toujours égale à 1. Cette remarque nous conduit au théorème :

En cas d'absence des causes créant la prédominance de certaines fréquences, les probabilités restent identiques à celles exprimées par $W_{\omega_k \S 1}$.

L'ensemble des fonctions constituantes y correspondant donne une nouvelle fonction $\varphi_{\text{c.p.}}(t)$. Disons que les fonctions $A_{i,\omega_k} P_{i,\omega_k}(t)$ se trouvent dans ce cas en état de « chaos parfait ».

3. Or, il est toujours nécessaire de déterminer le degré de réalisation de cet état hypothétique de chaos parfait. La méthode la plus simple consiste à comparer la valeur donnée par $W_{\omega_k \S 1}$ avec la valeur de la même probabilité calculée à l'aide de quelque autre formule propre à la science à laquelle appartient notre série. Dans la plupart des cas il est possible d'appliquer le raisonnement statistique du type : $W_{\omega_k \S 3} = \text{const.} \exp. \left(-\gamma \sum_i A^2_{i,\omega_k}\right)$ ou

(1) MATSCHINSKI, *Comptes rendus*, 231, 1950, p. 1282; 234, 1952, p. 1428.

d'autres formes spéciales. Telle ou telle autre fonction de genre $W_{\omega_k \S 3}$ étant établie, la condition $W_{\omega_k \S 1} = W_{\omega_k \S 3}$ est une condition nécessaire pour que les fonctions constituantes $A_{i,\omega_k} P_{i,\omega_k}(t)$ de $\varphi_{c.p.}(t)$ soient en état de chaos parfait. Il est évident que, théoriquement, cette condition n'est pas suffisante, car il suffit que les fonctions constituantes n'étant pas en état de chaos parfait appartiennent par exemple : soit 1° à un ensemble bien distribué (*voir* § 1), soit 2° à un ensemble caractérisé par la propriété : $A_{i,\omega_k} = \text{const.}\, N_{i,\omega_k}$ etc. Mais pratiquement la condition $W_{\omega_k \S 1} = W_{\omega_k \S 3}$ est suffisante, étant donné que d'après l'allure du graphique ou en se basant sur des raisons physiques on peut toujours éliminer les possibilités spéciales que nous venons de signaler. Enfin l'application se base sur l'idée que d'après l'admission de l'existence de chaos parfait il est possible, pour mesurer des $A_1 : A_2 : A_3 \ldots$ et des $l_1 : l_2 : l_3 \ldots$, de se servir des A'_i (voir *fig.* 1) et des parties de l_i (notamment Δl_i) facilement observables, ce qui revient à tirer les conséquences : $A_1 : A_2 : A_3 \ldots = A'_1 : A'_2 : A'_3 \ldots$ et $l_2 : l_2 : l_3 \ldots = \Delta l_1 : \Delta l_2 : \Delta l_3 \ldots$ du principe de l'uniformité.

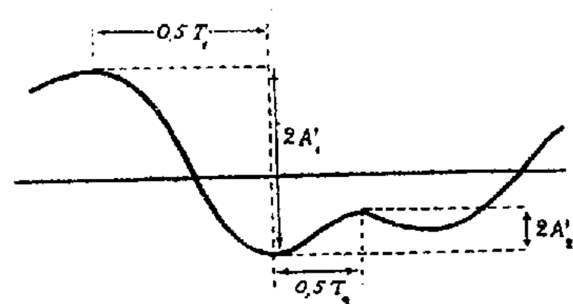


Fig. 1.

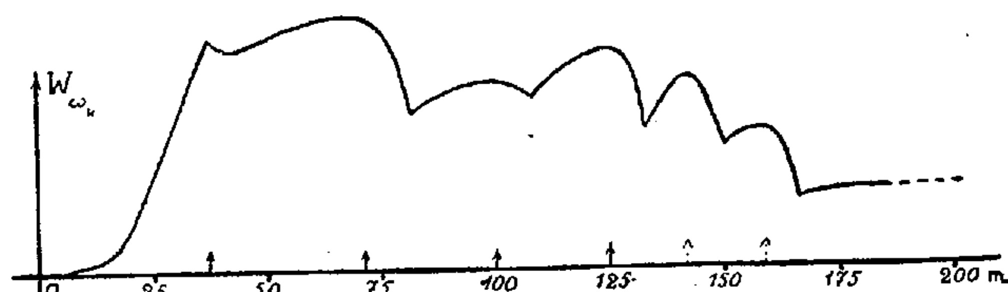


Fig. 2.

4. Les possibilités et les domaines d'application de cette théorie simple pour chercher la périodicité sont nombreuses. On peut citer : la géophysique, l'astronomie, la météorologie, etc. Considérons plusieurs séries de faits d'observation données sous la forme de graphiques ou de séries numériques comportant des milliers de nombres. D'abord, on doit démontrer que les causes physiques ou autres du phénomène étudié sont effectivement tellement nombreuses et qu'elles agissent dans un tel désordre que l'hypothèse de chaos parfait ne contredit pas les faits et les lois de la nature. Ensuite, il convient d'appliquer la condition $W_{\omega_k \S 1} = W_{\omega_k \S 3}$ et de s'assurer que les observations ne sortent pas du cadre de cette hypothèse. Enfin, on mesure sur le graphique les A'_i et les Δl_i (*fig.* 1) et l'on calcule les W_{ω_k} d'après $W_{\omega_k \S 1}$ ou $W_{\omega_k \S 3}$. Pratiquement, on peut renverser cet ordre des calculs et commencer par calculer les probabilités $W_{\omega_k} = 0{,}5\,(W_{\omega_k \S 1} + W_{\omega_k \S 3})$. L'admissibilité des nombres obtenus dépendra de la valeur des déviations $\Delta W_{\omega_k} = 0{,}5\,|\,W_{\omega_k \S 1} - W_{\omega_k \S 3}\,|$.

5. Voici un exemple emprunté à la géomorphologie (*fig.* 2). Considérons les distances entre les sommets des dunes de sable. Comme il ressort des mesures ([2]), la courbe $W_{\omega_k}(\omega_k)$ (qui n'est pas un périodogramme de Schuster-

([2]) Matschinski, *C. R. Soc. Géol., Fr.*, n° **10**, 1952, p. 171 (où la figure représente simplement : $W_{\text{énum.}} = \text{const.}\,\Sigma N_i$).

Whittaker) a la forme représentée sur la figure 2. Si les considérations du type décrit dans le paragraphe 3 prouvent que la relation $W_{\omega_k \S 1} = W_{\overline{\omega_k} \S 3}$ est réalisée, la théorie développée s'applique également. Ainsi les périodes indiquées par les flèches seront les plus importantes parmi les périodes composantes. Les calculs exigés par cette théorie simple sont minimes et hors de toute comparaison avec les calculs extrêmement longs, exigés par les autres théories (Lagrange, Dale, Buys-Ballot, Stokes, Schuster, Whittaker, Labrouste, Oppenheim, Walker, etc.) pour établir la périodicité. Mais il convient de rappeler une fois encore que la théorie ici présentée ne s'applique qu'aux séries satisfaisant à la condition cruciale $W_{\omega_k \S 1} = W_{\omega_k \S 3}$. Dans tout l'exposé précédent les nombres I et K ont été supposés finis, ce qui suffit pour la pratique; il n'est pas difficile de supprimer cette limitation.

HYDRAULIQUE. — *Régime transitoire dans une conduite forcée munie d'une cheminée d'équilibre, après la fermeture rapide, d'une vanne placée immédiatement à l'aval de la cheminée.* Note (*) de Mlle **Claire Clarion**, présentée par M. Joseph Pérès.

Ce régime a été étudié théoriquement et expérimentalement suivant les méthodes utilisées et exposées ici même pour l'étude des oscillations propres d'une colonne liquide dans un tube en U.

Les présents résultats qui sont en excellent accord avec les résultats de l'étude sur les tubes en U, généralisent l'expression du facteur d'amortissement et confirment la validité du paramètre de similitude mis en évidence par J. Valensi.

Considérons le circuit suivant réalisé au laboratoire, comprenant un réservoir de grand diamètre, une conduite cylindrique horizontale de rayon Rc et de longueur L, et terminé par une vanne V à fermeture rapide; immédiatement à l'amont de la vanne, une conduite cylindrique verticale de rayon Rb se trouve branchée en dérivation.

Ce circuit représente dans une certaine mesure, quand le réservoir est rempli d'eau qui s'écoule à travers la conduite, la vanne V étant ouverte, une portion de conduite forcée munie d'une cheminée d'équilibre.

Supposons la vanne V ouverte et le régime d'écoulement établi ([1]), puis fermons brusquement la vanne.

Un mouvement oscillatoire amorti, mis en évidence par le déplacement du ménisque dans la cheminée d'équilibre, s'établit dans le circuit.

J'ai traité théoriquement ce mouvement dans le cas d'oscillations infiniment petites en suivant la méthode exposée ici même à plusieurs reprises ([2]) pour l'étude du mouvement oscillatoire d'un liquide visqueux et pesant dans un tube en U.

(*) Séance du 30 juin 1952.

([1]) La vitesse d'abaissement du niveau de la surface libre dans le réservoir est négligeable vu la faible valeur du rapport : section droite de la conduite, section droite du réservoir.

([2]) *Comptes rendus*, 224, 1947, p. 446 et 1695; 230, 1950, p. 1926; 231, 1950, p. 110.

Les résultats du calcul qui sont entièrement confirmés par la mesure de la pseudo-période et de l'amortissement exécutée suivant une méthode précédemment appliquée aux tubes en U conduisent à une expression de l'amortissement et de la période de forme semblable à celle déjà trouvée (*loc. cit.*) dans le cas des tubes en U.

Il est d'abord facile de trouver en écrivant l'équation de conservation de l'énergie et celle de la conservation de la masse, l'expression de la pulsation de l'écoulement du fluide supposé parfait. On a

$$(1) \qquad \omega_p = \left(\frac{g}{L \frac{R_B^2}{R_C^2} + H} \right)^{\frac{1}{2}},$$

avec g accélération due à la pesanteur et H cote du ménisque dans la cheminée d'équilibre au-dessus de l'axe de la conduite lorsque le fluide est revenu au repos après la fermeture de la vanne.

Les mêmes équations appliquées au fluide visqueux permettent alors de trouver l'équation déterminant ω/ω_p : prenant pour v_C et v_B (vitesses dans la conduite et dans la cheminée supposées parallèles à l'axe de ces conduites) les expressions

$$(2) \qquad \begin{cases} v_C = E_C[J_0(\alpha R_C) - J_0(\alpha r_C)]\, e^{i\omega t}, \\ v_B = E_B[J_0(\alpha R_B) - J_0(\alpha r_B)]\, e^{i\omega t}; \end{cases}$$

avec $\alpha = \sqrt{-i\omega/\omega_p}\sqrt{\omega_p/\nu}$, E_B et E_C des constantes, et portant dans l'équation de conservation de l'énergie en tenant compte de l'équation de conservation de la masse on trouve une équation comprenant un terme en $e^{2i\omega t}$, un terme en $e^{-2i\bar{\omega}t}$ et un terme en $e^{i\omega t}\, e^{-i\bar{\omega}t}$.

En écrivant qu'elle est satisfaite quel que soit ω, on obtient la condition

$$\left[1 - \frac{2}{\alpha R_C}\frac{J_1(\alpha R_C)}{J_0(\alpha R_C)}\right]\left[1 - \frac{2}{\alpha R_B}\frac{J_1(\alpha R_B)}{J_0(\alpha R_B)}\right] = \frac{\omega^2}{g}\left[L\frac{R_B^2}{R_C^2}\left[1 - \frac{2}{\alpha R_B}\frac{J_1(\alpha R_B)}{J_0(\alpha R_B)}\right] + H\left[1 - \frac{2}{\alpha R_C}\frac{J_1(\alpha R_C)}{J_0(\alpha R_C)}\right]\right]$$

que détermine ω ou plutôt ω/ω_p

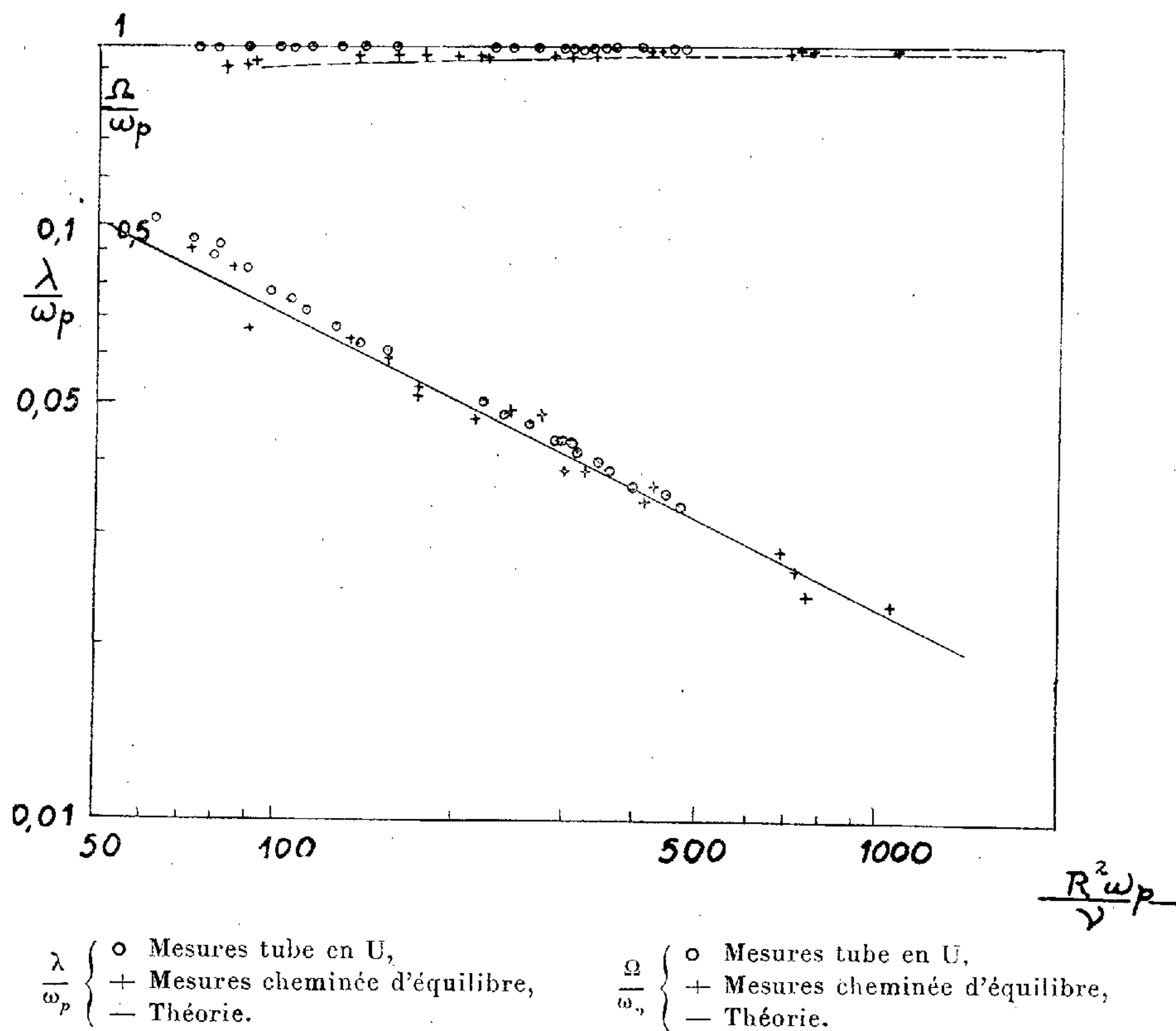
On peut montrer que ω/ω_p est fonction uniquement du paramètre $R^2\omega_p/\nu$ avec pour R l'expression :

$$(4) \qquad R = R_C \frac{L\frac{R_B^2}{R_C^2} + H}{\frac{L R_B^2}{R_C^2} + H\frac{R_C}{R_B}}.$$

Lorsque le paramètre de similitude est grand, l'expression ω/ω_p devient en utilisant les développements asymptotiques :

$$(5) \qquad \frac{\omega}{\omega_p} = \frac{\Omega}{\omega_p} + i\frac{\lambda}{\omega_p} = \pm\left[1 - \frac{\sqrt{2}}{2}\left(\frac{R^2\omega_p}{\nu}\right)^{-\frac{1}{2}}\right] + i\frac{\sqrt{2}}{2}\left(\frac{R^2\omega_p}{\nu}\right)^{-\frac{1}{2}}.$$

La figure permet d'effectuer la comparaison entre la courbe théorique



$\frac{\lambda}{\omega_p}$ { o Mesures tube en U, + Mesures cheminée d'équilibre, — Théorie.

$\frac{\Omega}{\omega_p}$ { o Mesures tube en U, + Mesures cheminée d'équilibre, — Théorie.

et les résultats expérimentaux relatifs aux coefficients λ/ω_p et ω/ω_p.

MÉCANIQUE DE L'ATMOSPHÈRE. — *Mesure de la turbulence atmosphérique.* Note (*) de M. **Marc Pélegrin**, présentée par M. Joseph Pérès.

Méthode de mesure des vitesses d'agitation de l'air et obtention, par le calcul intermédiaire de la fonction d'autocorrélation des vitesses d'agitation, d'un spectre de la turbulence au moment et au lieu du sondage. D'autres résultats : grandeur et direction des rafales à un instant donné, corrélation entre les rafales et la température locale sont mis à jour par ces essais.

Une Note précédente ([1]) indiquait une méthode fondée sur les théories de M. N. Wiener, pour le calcul statistique des systèmes asservis.

L'application de cette méthode au calcul des pilotes automatiques d'avions ou d'engins guidés nécessite la connaissance de données statis-

(*) Séance du 30 juin 1952.

([1]) *Comptes rendus*, 232, 1951, p. 473.

tiques concernant les perturbations extérieures (turbulence atmosphérique).

La méthode proposée consiste en la mesure directe des vitesses d'agitation de l'air à l'échelle macroscopique (ordre de grandeur des longueurs : 0,1 à 100 m, ordre de grandeur des fréquences : 0,05 à 5 Hz).

Un ballon sphérique à masse et volume constants dérive à la vitesse du vent moyen. Les premières expériences ont montré qu'il était impossible de détecter les accélérations auxquelles le ballon était soumis sous l'action des rafales. On a donc considéré le ballon comme un point fixe par rapport au vent moyen pour les mouvements fins de l'atmosphère (0,1 à 10 m) et les vitesses d'agitation étaient mesurées par des détecteurs à fils chauds.

Lors d'expériences récentes (avril-mai 1952), le ballon était équipé de 6 sondes constituées par des fils de platine de 4 ou 6/100 mm de diamètre, chauffés à tension constante; un montage en pont de Wheatstone permettait de mesurer les fluctuations d'intensité dans les sondes. Ces sondes étaient disposées aux extrémités d'un croisillon dont chaque bras avait une longueur de 3,50 m.

Sur deux des bras opposés étaient disposées 4 sondes, 2 à chaque extrémité à 150 ou 300 mm sur la même verticale, montées chacune dans un pont de Wheastone dont le galvanomètre était placé dans un enregistreur. Cette disposition renseigne sur la direction des rafales, par mesure des décalages dans le temps des enregistrements photographiques.

Sur les 2 autres bras étaient disposées 2 sondes de 4/100 montées dans 2 branches d'un *même* pont de Wheastone. Cette disposition a pour but de déceler les rafales locales agissant sur l'une des sondes sans agir sur l'autre.

L'équipement comprenait également un altimètre, un compte-temps, des éléments compensateurs pour minimiser les variations de température ambiante, des organes permettant la récupération (en parachute) de tout le matériel après 20 ou 30 minutes de vol.

Au sol, des pré-étalonnages ont permis de choisir les sondes les plus favorables : fil de 4/100 chauffé au rouge vif (700-800°). La réponse d'une telle sonde montée dans un pont avec un galvanomètre Beaudoin E 611, peut être considérée comme linéaire dans la gamme 3-10 m/s, avec une erreur inférieure à 3 %. Les étalonnages définitifs sont exécutés le jour de l'essai sur le terrain.

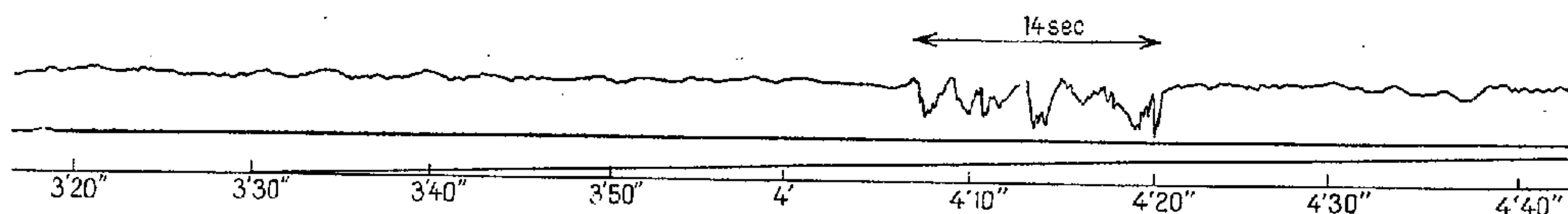
Les premiers résultats portant sur les cinq derniers essais ont été les suivants :

1° Une exploration lente d'altitude (0,50 m/s) a toujours révélé, pour une même direction de vent moyen, des zones de turbulence pratiquement

nulle (vitesses d'agitation inférieures à 0,50 m/s) alternant avec des zones agitées où les vitesses atteignent en général 4 ou 5 m/s.

2° Dans ces zones agitées, les mouvements de l'atmosphère intéressent en général un volume d'échelle linéaire supérieur à 7 m, le pont correspondant aux deux sondes opposées ne se déséquilibre pas.

3° Par contre, au cours de chacun des essais on a enregistré de violentes rafales locales agissant sur l'une des deux sondes précédentes sans agir sur l'autre. La photographie jointe, reproduit une portion de l'enregis-



Turbulence. Mailly, 9 avril 1952. Essai n° 14. Exemple de rafale locale.

trement du 11 février 1952, particulièrement net, d'une rafale locale qui pourrait s'expliquer par la rencontre d'un tourbillon de faible diamètre (5 m maximum).

4° Au cours du vol du 15 mai, le ballon a traversé deux couches de vent de direction différentes. La turbulence fine a été très violente durant les 30 s de transition : vitesses de rafales pouvant atteindre 10 m/s. La turbulence à échelle plus grande (10-100 m) décelée par la variation de vitesse ascensionnelle du ballon a été également enregistrée : elle est passée de 0,80 à 5,50 m/s pendant la transition.

5° Les brusques variations de vitesse de vent indiquées par les sondes de 4/100 correspondent toujours à des variations de température locale, nettement décelées par une sonde constituée par un « fil froid » (fil de 2/100 mm, intensité du courant de mesure inférieure à 1 mA).

6° On peut calculer le coefficient de turbulence de l'atmosphère (au sens de Taylor) à partir de ces enregistrements (calculs en cours).

7° La fonction d'autocorrélation des enregistrements des sondes de 4/100", puis le calcul de la transformée de Fourier de cette fonction donne le spectre énergétique des modules des vitesses des rafales.

8° On peut enfin dépouiller statistiquement les enregistrements des deux sondes disposées sur une même verticale et en déduire les probabilités composées d'avoir une rafale de composante verticale V à dV près, venant du site *i* à *di* près.

ASTROPHYSIQUE. — *Insuffisance d'une preuve statistique* [1] *de l'influence de la Lune sur les précipitations atmosphériques.* Note de M. **Willem van der Bijl**, transmise par M. Charles Maurain.

M. Mineur [1] a cherché s'il existe une corrélation entre le jour J de la Lune et les précipitations atmosphériques. Ses graphiques et conclusions (3 *a*, 3 *b* et 3 *c*) fournissent matière à quelques considérations statistiques.

1° Les croix représentant les quantités observées ont des déviations de la sinusoïde qui sont souvent plus grandes que l'amplitude de la sinusoïde;

2° L'écart type σ des hauteurs de pluie journalières est 4,2 mm pour De Bilt (Pays-Bas), calculé pour la période 1901-1950. Or, V. Conrad [2] a montré que l'écart type de la hauteur de la pluie annuelle est proportionel à cette hauteur pour différentes stations. Même si cette proportion n'est pas valable pour les hauteurs journalières, les hauteurs moyennes diffèrent si peu pour Paris, Nantes et De Bilt, qu'il est permis d'égaler les écarts types des trois stations.

Si la pluie est indépendante de la phase lunaire, les hauteurs moyennes de pluie journalières $\bar{h}$ auront un écart type $\sigma_n = \sigma/\sqrt{n}$ selon la loi de propagation des erreurs (n = le nombre des lunaisons). En cas d'une influence lunaire, $\sigma_n > \sigma/\sqrt{n}$. Séparant les cinq croix les plus hautes (= 16 % des trente) et les cinq les plus basses, on garde les moyennes qui sont situées dans l'intervalle $< M - \sigma_n, M + \sigma_n >$. Cette estimation simple donne $\sigma_n = 0,15$ mm (Parc Saint-Maur et Nantes).

Les 75 ans utilisés embrassent plus de 900 lunaisons. Prenant $n = 900$ on obtient $\sigma/\sqrt{n} = 0,14$ mm.

3° La différence entre la hauteur maximale et la hauteur minimale dans une période de trente jours soit R. La valeur moyenne $\bar{R}$ est pour De Bilt égale à la moyenne des hauteurs maximales mensuelles, parce que chaque mois a au moins un jour sec. $\bar{R} = 15,5$ mm (De Bilt, 1897-1949).

En l'absence d'une influence lunaire, le « range » R_n de $\bar{h}$ sera $= \bar{R}/\sqrt{n}$. On trouve que $R_n = 0,45$ mm (Parc Saint-Maur) et $R_n = 0,6$ mm (Nantes), alors que $\bar{R}/\sqrt{900} = 0,51$ mm.

4° Dans une série fortuite a_i le nombre des sommets $a_n (a_{n-1} < a_n > a_{n+1})$ est un tiers du nombre total des observations. Chacune des six séries dans les graphiques consiste en 30 termes. Or, les séries ont respectivement 10, 11, 10, 8, 12 et 10 sommets.

5° Si l'influence de la Lune est réelle, le maximum de la courbe pour la

[1] *Comptes rendus*, 233, 1951, p. 1426.

[2] *Monthly Weather Review*, 69, 1945, p. 5.

probabilité d'un jour sec doit coïncider avec le minimum pour $\hbar$. Cela n'a pas lieu pour Nantes.

6° Le fait que Clermont-Ferrand ne révèle pas d'influence, est opposé au caractère général qu'on attribue à une influence lunaire.

7° Le même s'applique au déplacement de la phase qu'Alger montre relativement à Paris et Nantes.

Ces sept arguments sont tous compatibles avec l'hypothèse de l'indépendance des pluies terrestres de la phase lunaire.

PHYSIQUE THÉORIQUE. — *Sur l'hypothèse d'un intervalle fondamental et les théories de Darling et Born.* Note de M. **Hans Freistadt**, présentée par M. Louis de Broglie.

Interprétation nouvelle de la théorie de Darling. Justification d'un calcul de différences finies. Spectre de masses propres correspondant.

D'après Darling (1) la propagation d'une particule élémentaire est un phénomène qui relie entre eux tous les points à un intervalle d'univers w (intervalle du type temps, w troisième constante fondamentale) d'un point d'univers P. En substituant dans les équations d'onde au calcul différentiel un calcul de différences finies, relié au calcul différentiel par un principe de correspondance, on obtient un spectre de masses propres.

1. On peut introduire ce calcul de différences finies d'une manière naturelle. Construisons un opérateur scalaire à différences finies; un tel opérateur équivaut à un opérateur différentiel d'ordre infini. Il ne peut s'agir que d'une fonction transcendante (2) paire d'argument $2w(\partial/\partial x_k)(k=1, \ldots, 4)$. Pour nous guider dans le choix d'un opérateur, nous faisons appel aux idées de réciprocité de Born (3) sous leur forme restreinte.

Posons

$$x_1=x,\ \ldots,\ x_4=\mathrm{ct.},\qquad \frac{\partial}{\partial x_k}=\left(-\frac{\partial}{\partial x_1},\ \ldots,\ \frac{\partial}{\partial x_4}\right)=iu_k,$$

$$a_k b_k=-a_1 b_1-\ldots+a_4 b_4,\qquad \mathrm{D}^2=-u^2=\frac{\partial^2}{\partial x_k\,\partial x_k},\qquad s^2=x_k x_k=c^2t^2-r^2,$$

$$k=\frac{mc}{h}\quad (m \text{ masse propre}),\qquad \mathrm{U}^2=\frac{\partial^2}{\partial u_k\,\partial u_k},\qquad z_k=2wu_k,$$

$$z^2=4w^2u^2,\qquad \mathrm{Z}^2=\frac{\partial^2}{\partial z_k\,\partial z_k}.$$

L'équation réciproque à l'équation d'onde relativiste de L. de Broglie

(1) *Phys. Rev.*, **80**, 1950, p. 460.

(2) Pais et Uhlenbeck, *Phys. Rev.*, **79**, 1950, p. 145.

(3) *Rev. Mod. Phys.*, **21**, 1949, p. 463,

(équation de Klein-Gordon dite équation d'onde dans la suite) est de la forme $(U^2+4w^2)M=0$ ou $(Z^2+1)M=0$. A l'aide d'un travail de Schrödinger [4], on voit que les solutions à symétrie d'univers sont $M=2J_1(z)/z$ (J_n fonction de Bessel), ce qui suggère l'opérateur cherché. Pour passer d'une équation différentielle à l'équation aux différences finies correspondante, on substitue $1\to M$; $u_k\to(w^{-2})(\partial/\partial u_k)M$; $u_i u_k\to w^{-4}(\partial M/\partial u_i)(\partial M/\partial u_k)$. Il n'y a pas d'équivoque grâce au principe de correspondance de Darling. Ces opérateurs transforment une fonction d'onde locale en fonction d'onde non locale. Pour les fonctions non locales, $\partial/\partial u_k$ joue le rôle d'un gradient dans l'espace des u_k. Ainsi une manipulation en calcul vectoriel d'une équation différentielle est encore applicable à l'équation aux différences finies, à condition de se limiter à des opérateurs du premier ordre. Cela suggère que dans les théories apparentées à celles de Born, Yukawa [5] et Darling, les équations fondamentales sont du premier ordre. Notre calcul de différences finies est équivalent à celui de Darling, mais nous interprétons les équations de façon différente.

2. On obtient un spectre discret de masses propres à partir de l'équation d'onde aux différences finies, en se limitant, pour solutions, à des fonctions d'onde satisfaisant à l'équation d'onde différentielle. Les valeurs propres k_i de k sont données par $J_3(2wk_i)=0$, équation proposée sous forme différente par Zilsel [6]. Les fonctions propres dégénérées correspondant à k_i sont solutions de $(D^2+k_n^2)\Psi=0$, k_n étant tel que $2J_2(2wk_n)=wk_iJ_1(2wk_n)$. Nous admettons que la masse propre intrinsèque d'une particule est le k_n qui caractérise sa fonction d'onde (k_i non observable). Il convient d'ajouter la masse électromagnétique *à cette masse intrinsèque* k_n. Le spin de chaque famille est donné par la particule neutre que nous assimilons à k_i. Notre correction pour masse électromagnétique est purement empirique et basée sur les masses de l'électron, du proton et de la particule chargée π. Nous admettons que la première valeur propre $k_i=0$ correspond au neutrino, les k_n des fonctions propres dégénérées étant alors les masses des fermions. La valeur de w est déterminée en admettant que la seconde valeur propre est la masse de la particule neutre π; les k_n correspondants sont alors les masses propres des bosons. On a ainsi $w=1{,}63\ e^2/m_e c^2$ ($m_e=$ masse propre de l'électron), ce qui diffère peu du résultat de Darling. Le nombre de masses du spectre est infini; la différence entre masses successives est environ $140\ m_e$, sauf pour les premières.

3. Nous obtenons ainsi un boson chargé de masse $952\ m_e$; cette valeur est meilleure que celle basée sur l'interprétation de Zilsel, si l'on adopte pour la

---

(4) *Proc. Roy. Irish Acad.*, **47**, 1941, p. 1.
(5) *Phys. Rev.*, **77**, 1950, p. 219.
(6) *Phys. Rev.*, **82**, 1951, p. 557.

particule τ les valeurs expérimentales de Fowler [7] et Hodgson [8]. Nous obtenons aussi un fermion chargé de masse $222\,m_e$ (particule μ), un fermion neutre de masse $2210\,m_e$, un bosar neutre de masse $800\,m_e$. Ces deux dernières particules sont à rapprocher des particules V_1^0 et V_2^0 de Armenteros, etc. [9].

La masse du neutron n'est pas contenue dans notre spectre (elle est plus grande que celle de la particule chargée correspondante). Il conviendrait de l'expliquer comme due à un niveau excité. Il faudrait aussi introduire le spin et la charge de façon naturelle, peut-être en les considérant comme quantités réciproques au sens de Born; il faudrait enfin expliquer la stabilité relative des particules.

THERMODYNAMIQUE. — *Sur la réalisation d'une mesure du rapport des chaleurs spécifiques des gaz.* Note de M[me] **Madeleine Aubert-Huetz**, présentée par M. Jean Cabannes.

Utilisation d'une méthode d'oscillations forcées pour la mesure du rapport γ des chaleurs spécifiques des gaz et vapeurs; ses limites d'emploi; exposé des résultats obtenus.

Nous avons antérieurement signalé l'utilisation d'une méthode dérivée de celle d'Assmann pour la mesure du rapport γ des chaleurs spécifiques des gaz [1]. Si l'on considère les oscillations d'un liquide contenu dans un tube en U dont les branches sont terminées par des ballons contenant le gaz d'étude, la théorie montre que

$$\gamma = \frac{K}{P}\left[\left(\frac{T_0}{T}\right)^2 - 1\right] \qquad (1)$$

où K est une constante de l'appareil, P la pression de remplissage, T_0 et T les périodes propres des oscillations supposées non amorties du liquide, les ballons étant respectivement ouverts à l'air libre et remplis du gaz à étudier.

Un premier perfectionnement proposé par Parodi [2], pour la détermination précise de T et T_0, consiste à asservir l'ensemble à un mouvement forcé en plaçant l'appareil sur une plate-forme animée d'un mouvement horizontal rectiligne et sinusoïdal. Mais la pulsation Ω ainsi imposée doit être stable, connue à 10^{-4} près au moins et variable continûment, d'autre part, il faut connaître avec précision, pour chaque Ω utilisé, l'amplitude A des oscillations

---

(7) *Phil. Mag.*, **42**, 1951, p. 1040.
(8) *Phil. Mag.*, **42**, 1951, p. 1060.
(9) *Phil. Mag.*, **42**, 1951, p. 1113.

(1) *Comptes rendus*, **227**, 1948, p. 81.
(2) *Comptes rendus*, **218**, 1944, p. 311.

de la colonne liquide. Ces deux obligations nous ont conduite à mettre au point les montages nécessaires suivants.

Une corde métallique peu amortie auto-entretenue sur sa fréquence propre, vibrant dans des champs magnétiques, crée en ses extrémités des différences de potentiel de même fréquence. Un système d'amplification en puissance utilise ces dernières pour alimenter une commutatrice qui fonctionne, après l'accrochage réalisé grâce à son côté continu, en moteur synchrone de pulsation Ω. La stabilité obtenue pendant le temps d'une expérience est de l'ordre de 10^{-5}. Des variations de poids tenseur, par exemple, permettent les modifications cherchées dans la période du mouvement imposé ([3]).

Pour repérer l'amplitude A des oscillations du liquide à chaque pulsation Ω imposée, on forme l'ombre de la surface de séparation liquide-gaz en déplacement sur une fente verticale. L'enregistrement s'effectue sur un film à déroulement continu horizontal, placé dans une caméra à obturateur toujours ouvert. Un dispositif stroboscopique élémentaire, synchronisé sur les oscillations, permet de fixer sur le même film l'image d'une base de temps quelconque, un chronomètre au cinquantième de seconde en la circonstance.

Il est alors possible de construire la courbe $A(\Omega)$, donnant l'amplitude des oscillations en fonction de la pulsation Ω du mouvement imposé. Il nous faut en déduire les périodes T et T_0 de l'équation (1). L'élongation z du ménisque, le liquide étant supposé parfait, est donnée par

$$M\frac{\partial^2 z}{\partial t^2} + 2s\rho g z + s[P_1 - P_2] = mB\Omega^2 \sin\Omega t, \tag{2}$$

où M et m sont respectivement la masse totale et la masse de la branche horizontale de liquide, ρ sa densité, s la section du tube en U, P_1 et P_2 les pressions du gaz à un instant donné dans les deux ballons, B l'amplitude donnée à la plate-forme horizontale. On montre que, dans ces conditions, la courbe $A(\Omega)$ obtenue a, comme une courbe de résonance classique, son maximum lorsque la fréquence imposée est égale à la fréquence propre du système oscillant.

Si l'on veut tenir compte de la viscosité, à titre correctif, on peut calculer en première approximation, les forces de frottement $p\,\partial z/\partial t$, en les assimilant à celles qui se présentent sur une même colonne soumise à une force d'amplitude constante. On admet, dans ce cas, dans l'ensemble du tube à section circulaire, un profil de vitesses parabolique ([4]) et l'on trouve que $p = 8\pi l\eta$, l longueur moyenne de la colonne et η coefficient de viscosité, à condition de supposer aux extrémités des vitesses radiales qui nivellent le ménisque. Dans ces condi-

---

([3]) *J. Phys.*, **12**, 1951, p. 88.

([4]) Richardson, *Proc. Phys. Soc.*, London, **42**, 1929, p. 1.

tions, le maximum de la courbe $A(\Omega)$ est obtenu pour une valeur Ω_m telle que :

$$\Omega_m^2 = \frac{\omega^2}{1 - 2\varepsilon^2},$$

$\omega = 2\pi/T$ étant la pulsation propre du système libre non amorti avec

$$2\varepsilon\omega = \frac{P}{M} = \frac{8\pi l \eta}{s l \rho} = \frac{8\nu}{R^2},$$

ν, viscosité cinématique, R rayon du tube en U.

L'expérience montre que cette correction est admissible pour un liquide dont la viscosité cinématique est faible; pour le mercure avec $R = 1$ cm et $T = 0,6$ s, on trouve $2\varepsilon^2 = 2,9.10^{-7}$. Une théorie plus rigoureuse est indispensable si l'on se propose de mesurer γ à haute température, en adoptant des liquides plus visqueux que le mercure.

La méthode, ainsi mise en œuvre, a conduit à de bons résultats pour les gaz tels que CO_2, N_2, et aux valeurs suivantes pour les vapeurs d'hydrocarbures à une température de 125°C et à une pression de 76,10 cm de mercure :

benzène : $\gamma = 1,07$; hexane : $\gamma = 1,13$; heptane : $\gamma = 1,06$.

Son amélioration et l'extension de ses applications exigent, comme condition, une théorie du mouvement du liquide supposé visqueux.

ACOUSTIQUE. — *Procédé de mesure absolue de la puissance acoustique d'un flux d'ultrasons dans un liquide, mettant en œuvre la pression de radiation s'exerçant sur une intersurface liquide-gaz.* Note de M. **Charles Florisson**, présentée par M. Georges Darrieus.

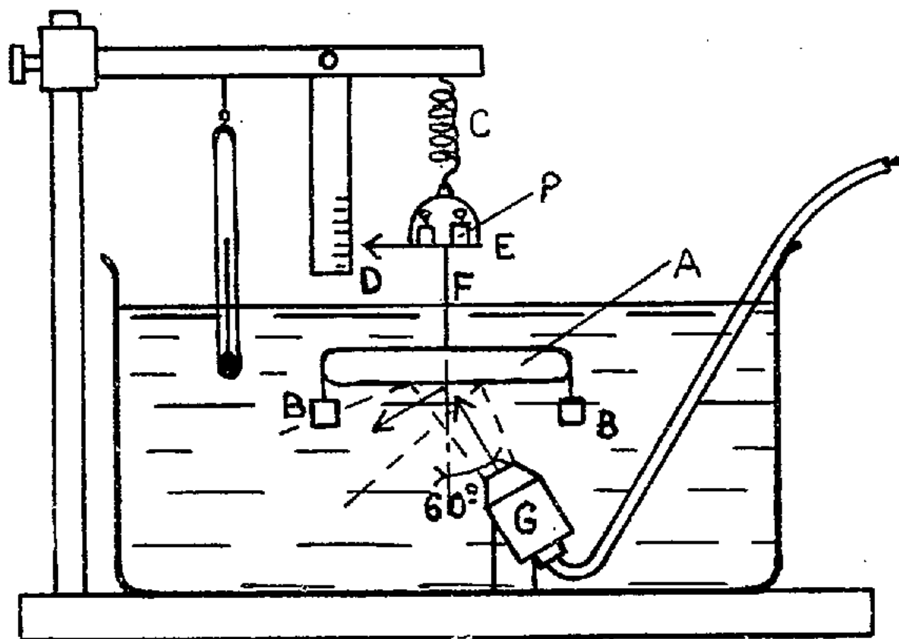
Réalisation expérimentale des conditions de réflexion quasi totale aux limites du milieu liquide pour la mesure absolue de la puissance d'un pinceau d'ultrasons.

La pression de radiation acoustique s'exerçant sur un obstacle est fonction des densités d'énergie des flux incidents et réfléchis, par conséquent du coefficient de réflexion de l'obstacle. Dans le cas d'une intersurface liquide-gaz, on sait que ce coefficient (relatif à l'énergie) est extrêmement voisin de l'unité; par exemple, pour l'eau et l'air il est égal à 0,9987. En milieu indéfini, un flux incident d'ondes planes de section S, normal à la surface et de densité d'énergie E exercera sur celle-ci une poussée $p' = ES$ et le flux réfléchi, de densité 0,9987 E, une poussée $p'' = 0,9987$ ES. La poussée totale sera donc égale à 1,9987 ES, que l'on pourra écrire $P = 2$ ES en commettant une erreur inférieure à 0,001. Si l'angle d'incidence est α on démontre aisément que l'on a $p = 2$ ES $\cos\alpha$, qui devient $p =$ ES dans le cas particulier où $\alpha = 60°$.

Nous avons réalisé, sur ce principe, un dispositif permettant la mesure

absolue de la puissance globale du flux d'ondes planes acoustiques émis dans un liquide, par exemple, par un petit projecteur ultra-sonore.

Le dispositif en question est constitué par une cloche plate métallique A, de 10 cm de diamètre et 1 cm de haut, remplie d'air et immergée dans l'eau d'une cuve. C'est l'intersurface horizontale eau-air qui sert d'obstacle totalement réfléchissant. La cloche est lestée par deux contrepoids latéraux rigides B de façon à présenter une flottabilité négative de l'ordre du décigramme, annulée par la tension d'un léger ressort de suspension C. Un repère D définit la position d'équilibre de l'ensemble. Un plateau E est prévu sur la tige de suspension F pour recevoir les poids lors de la mesure. Le projecteur ultrasonore G est immergé et placé sur un support de telle sorte que le flux émis, très peu divergent, tombe entièrement sur le plan réfléchissant, sous un angle d'incidence moyen de 60°. On fait émettre le projecteur au régime de puissance que l'on veut mesurer. La cloche s'élève et, à l'aide de poids de valeur P, on la ramène dans sa position primitive. Le poids P est la force verticale créée par la pression due au flux global. Si V est la célérité du son dans le liquide, la puissance du projecteur est donc égale à P. V.



Exemple d'une mesure : pour un régime du projecteur nous avons trouvé P = 267 mg (à 3 mg près), ce qui correspond à une puissance acoustique de 3,90 W (température de l'eau : 24° C V = 1482,5 m/s).

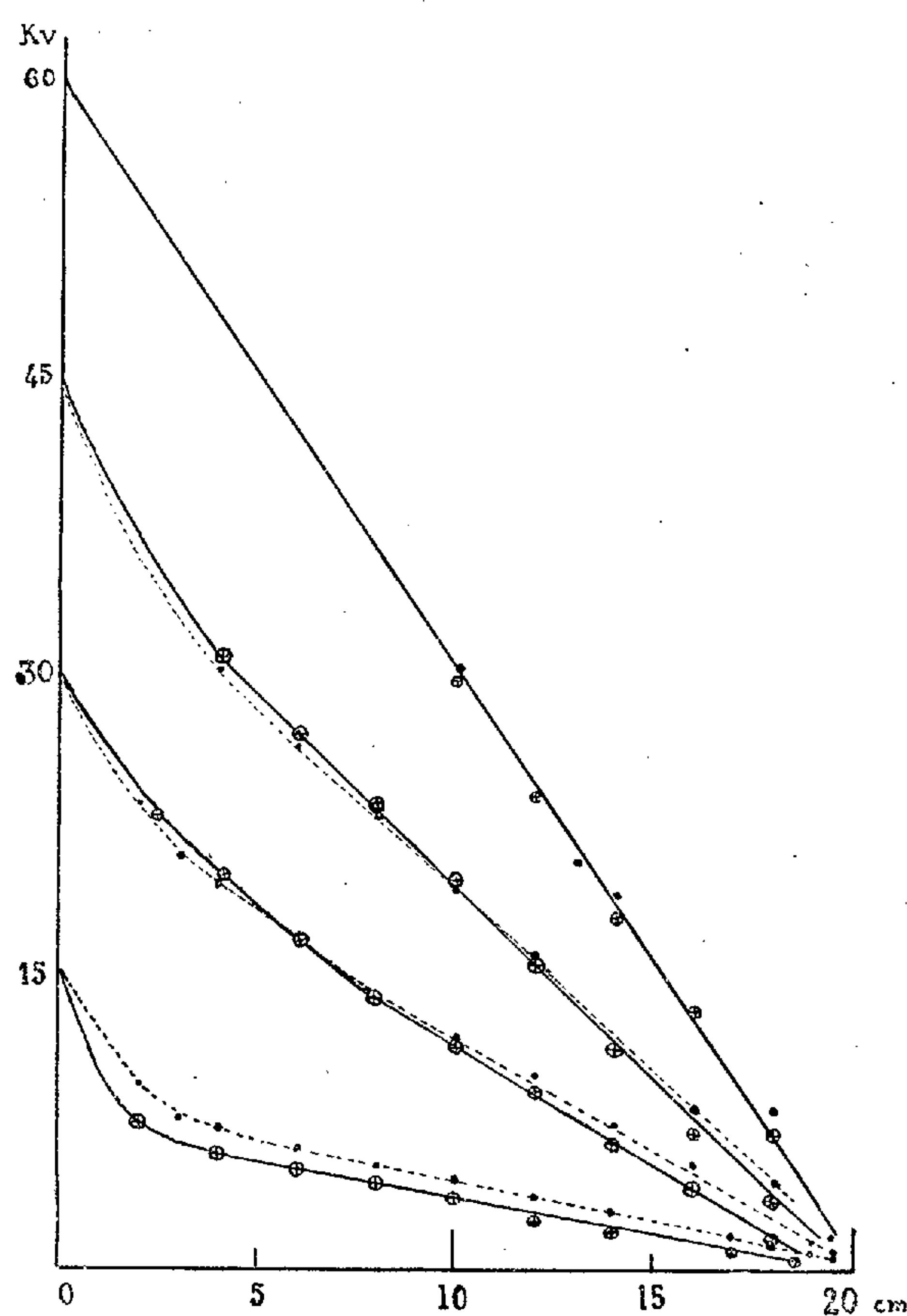
Le radiomètre absolu qui vient d'être décrit sert à étalonner des radiomètres de maniement plus simple, utilisés pour la vérification précise de projecteurs destinés à l'ultrasonothérapie.

ÉLECTRICITÉ. — *Comportement des ions dans les champs électriques forts.* Note de MM. **Marcel Pauthenier** et **René Challande**, présentée par M. Eugène Darmois.

Des recherches en cours nous ont amenés à prolonger dans les champs électriques forts l'étude de la mobilité des ions qui a fait l'objet de nombreux

travaux pour les champs faibles. L'un de nous avait donné des résultats concernant les ions négatifs dans le champ cylindrique en portant le fil axial à 42500 V [1].

Nous avons utilisé le champ électrique ionisé produit en portant à des tensions pouvant atteindre 75000 V le fil axial d'un élément de cylindre de 40 cm de diamètre. Les potentiels à l'intérieur du cylindre sont mesurés avec une sonde incandescente reliée à un voltmètre pour haut potentiel. L'isolement du système de mesure doit être particulièrement soigné.



Les potentiels négatifs sont représentés en *traits pleins*.
Les potentiels positifs sont représentés en *pointillés*.
⊗ Points expérimentaux (champ positif). ● Points expérimentaux (champ négatif).

On sait que le champ E est relié au courant d'ionisation par centimètre de longueur i et à la mobilité des ions k par l'expression

$$E = \sqrt{\frac{2i}{k} + \frac{C^2}{r^2}},$$

[1] *Comptes rendus*, 189, 1929, p. 843.

où r représente la distance du point considéré à l'axe du cylindre. E est le coefficient angulaire de la tangente à la courbe des potentiels à l'intérieur du cylindre $F(r)$. Cette fonction est représentée par les courbes ci-avant tracées expérimentalement et par l'expression théorique déduite de l'équation de Poisson :

$$F(r) = C \operatorname{Log} r + \sqrt{C^2 + \frac{2ir^2}{k}} - C \operatorname{Log}\left(\sqrt{C^2 + \frac{2ir^2}{k}} + C\right).$$

Nous avons obtenu les résultats expérimentaux suivants :

1° A partir d'une tension appliquée au fil de 60 000 V les courbes $F(r)$ peuvent être assimilées à des droites. Cette tension correspond à un champ constant de 3 000 V par centimètre qui est le champ minimum nécessaire au fonctionnement fidèle d'un analyseur électrostatique de fines particules.

2° Dans l'air sec et dans les champs élevés la mobilité des ions reste constante quand le champ varie ; celle des ions positifs restant inférieure à celle des ions négatifs comme l'indique le tableau ci-après.

Tension du fil.	Champ (volt/cm).	Vitesse des ions (m/s).	k.	Tension du fil.	Champ (volt/cm).	Vitesse des ions (m/s).	k.
−60 000...	3 000	52	1,735	+60 000...	3 000	48	1,575
−62 000...	3 072	54	1,74	+62 000...	3070	49	1,58
−70 000...	3 500	61	1,74	+70 000...	3 500	55	1,58
−74 000...	3 700	65	1,75	+74 000...	3 700	59	1,60

Il y a lieu de remarquer que le parcours des ions du fil à la paroi se fait dans le temps maximum de $4 \cdot 10^{-3}$ s pour la tension la plus basse; les ions peuvent être considérés comme jeunes et de même âge.

3° La mobilité des ions négatifs décroît avec l'humidité. Celle des ions positifs est pratiquement indépendante du degré hygrométrique.

	Degré hygrométrique.		
	0.	50.	100.
k^+............	1,575	1,57	1,555
k^-............	1,735	1,68	1,53

Valeur absolue de la tension du fil : 60 kV.

4° Enfin, la constante C qui intervient dans $F(r)$ diminue quand le champ augmente et prend la même valeur pour les ions positifs et négatifs.

Tension du fil (kV).	C	
	ions négatifs.	ions positifs.
45....................	4,5	4,8
60....................	3,3	3,3

SEMI-CONDUCTIBILITÉ. — *Sur les propriétés semi-conductrices de la molybdénite.* Note (*) de Mlle **Fernande Regnault**, MM. **Pierre Aigrain**, **Claude Dugas**, et **Bernard Jancovici**, présentée par M. Jean Cabannes.

Nous avons étudié les propriétés et la structure de semi-conducteur du sulfure de molybdène MoS_2 (molybdénite) par la mesure de sa conductivité électrique et de son effet Hall à diverses températures entre celle de l'hydrogène liquide et 300° C.

Le tracé (1) du logarithme du nombre de porteurs libres en fonction de l'inverse de la température absolue ne fournit pas toujours des droites, contrairement à la théorie classique de Wilson. D'après Shockley ([1]) cela peut être interprété comme dénotant l'existence des deux types d'impuretés p et n, en nombres inégaux en général; le spécimen a le type de l'impureté dominante, mais les niveaux d'énergie de cette impureté dominante sont partiellement vidés, dès le zéro absolu par les impuretés du type opposé. Pour atteindre les énergies d'activation, on ne peut plus utiliser la pente de (1) qui n'est pas constante parce que le niveau de Fermi se déplace alors beaucoup, quand la température varie.

On interprète bien les expériences en étudiant graphiquement ce déplacement du niveau de Fermi en fonction de la température; si n est le nombre de porteurs libres, δ la distance du niveau de Fermi à la bande de conduction (pour un semi- conducteur de type n), on peut calculer δ, connaissant n, par

$$n = 2\left(\frac{2\pi m \mathrm{KT}}{h^2}\right)^{\frac{3}{2}} e^{-\frac{\delta}{\mathrm{KT}}}.$$

L'extrapolation au zéro absolu de δ fournit la valeur de l'énergie d'activation des impuretés n. Un traitement analogue s'applique à un semiconducteur de type p.

Les échantillons étudiés possédaient tous un nombre de centres d'impuretés de l'ordre de 10^{18} à $10^{19}/\mathrm{cm}^3$.

Les échantillons de type n ont une énergie d'activation de 0,14 eV. Ceux que nous avons étudiés contenaient tous, en nombre moindre, des impuretés de type p. Les résultats des mesures pour tous les spécimens n s'interprètent parfaitement avec cette seule énergie d'activation, à toutes les températures. Cette méthode permet d'ailleurs de déterminer avec précision la proportion des impuretés n et p. Dans un spécimen contenant 10^{19} centres n, on peut détecter la présence de $5 . 10^{14}$ centres p.

Les échantillons de type p ont deux niveaux d'impuretés p, phénomène

(*) Séance du 23 juin 1952.

([1]) *Electrons and holes in semi-conductors*, Van Nostrand (1951).

très rare; les énergies d'activation de ces deux niveaux sont 0,05 eV ($1,4.10^{16}$ centres par cm^3 sur un des spécimens étudiés) et 0,12 eV ($1,7.10^{18}$ centres par cm^3 sur le même spécimen). Les spécimens *p* étudiés ne contenaient pas d'impuretés de type *n* en quantité décelable. Il faut toutefois remarquer que, à cause de la faible énergie d'activation d'un des niveaux *p*, il faudrait descendre à des températures très basses pour déceler les niveaux *n* éventuels.

L'existence de deux niveaux *p* est peut-être due à $1,4.10^{16}$ atomes de soufre en excès, susceptibles de s'ioniser deux fois en S^- puis S^{--}, captant successivement un, puis deux trous positifs avec les énergies respectives de 0,05 et 0,12 eV. Il y aurait de plus $1,7.10^{18} - 1,4.10^{16}$ impuretés ordinaires de type *p* à un seul niveau d'énergie 0,12 eV.

Au sein du semi-conducteur, cette valeur de 0,12 eV joue le même rôle que l'unité Rydbergh pour l'atome d'hydrogène; nous appellerons cette quantité de 0,12 eV, l'unité Rydbergh réduite. Les énergies de fixation de un, puis deux trous par atome de soufre doivent être de l'ordre des deux premières énergies d'ionisation de Ca ou Mg, éléments divalents, mais électropositifs, voisins de S. Ces deux énergies sont de l'ordre 6,5 eV et 13,5 eV, valeurs qui, réduites dans le même rapport que l'unité Rydbergh, deviennent 0,05 eV et 0,12 eV, chiffres trouvés expérimentalement. Il n'y avait pas à attendre un effet important de polarisation du réseau pour modifier les chiffres, la molybdénite étant un composé surtout homopolaire.

RADIOÉLECTRICITÉ. — *Sur les propriétés des lignes à structure périodique.* Note (*) de MM. **Pierre Guénard, Oskar Dœhler** et **Robert Warnecke**, présentée par M. Camille Gutton.

Si, dans une ligne à structure périodique infiniment longue (c'est-à-dire telle qu'elle coïncide avec elle-même par une translation égale à un nombre entier quelconque de fois le pas *p*), on envoie de l'énergie d'une fréquence donnée, la distribution du champ électromagnétique le long de la ligne possède également une structure périodique; d'une façon plus précise, les amplitudes complexes des champs en deux points homologues A_0 et A_n de deux cellules séparées par *n* fois le pas sont telles que

$$E_n = E_0\, e^{-jn\psi}.$$

Ces lignes possèdent les propriétés générales des filtres électriques [1], caractérisés par l'existence de bandes de fréquence ε dans lesquelles la ligne est susceptible de transmettre de l'énergie. En supposant les pertes nulles le long de la

(*) Séance du 30 juin 1952.

[1] R. Warnecke, O. Doehler et H. Guénard, *Comptes rendus*, 231, 1950, p. 1220.

ligne, à l'intérieur d'une bande passante, ψ est réel. Les variations de ψ avec la fréquence caractérisent la dispersion de la ligne. La vitesse de propagation de l'énergie le long de la ligne vaut

$$v_g = p\,\frac{d\omega}{d\psi}.$$

Les champs le long de la ligne satisfaisant à la condition

$$E(x, y, z+np) = E(x, y, z)\,e^{-jn\psi},$$

on peut écrire

$$E(x, y, z) = \sum_{-\infty}^{+\infty}{}_k\, e_k(x, y)\, e^{-j\frac{z}{p}(\psi+2k\pi)},$$

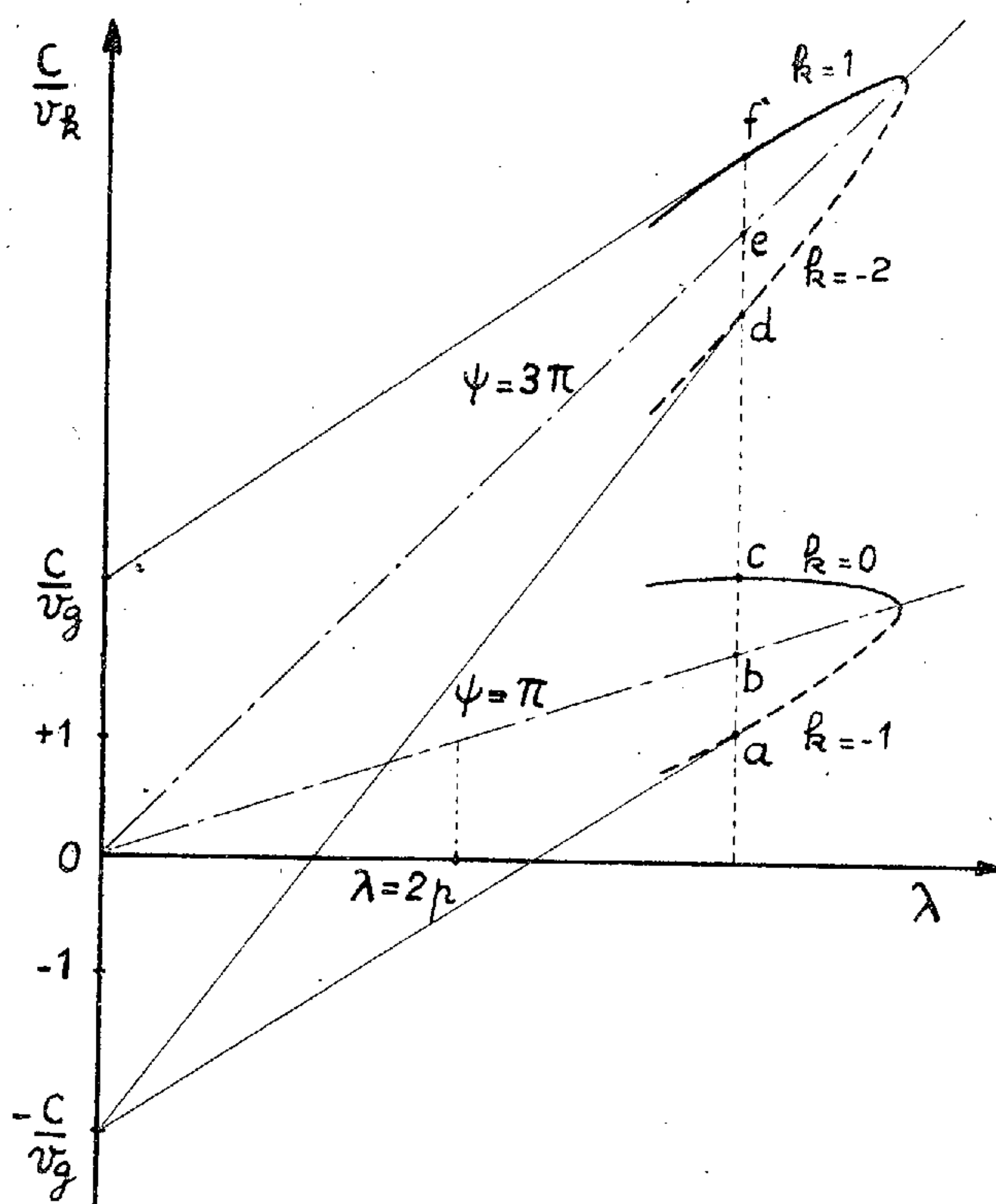
où

$$e_k(x, y) = \frac{1}{p}\int_0^p E(x, y, z)\, e^{j\frac{z}{p}(\psi+2k\pi)}\, dz.$$

Sous cette forme, le champ dans la ligne apparaît comme étant celui d'une superposition d'ondes progressives de vitesse de phase

$$v_k = \frac{\omega p}{\psi + 2k\pi}.$$

Ces « ondes » n'ont pas d'existence individuelle, les champs correspondants ne



satisfaisant pas aux conditions aux limites sur la surface de la ligne. Lorsque

l'expresssion précédente attribue à v_k une valeur positive c'est-à-dire (si $0 < \psi < 2\pi$) pour $k \geq 0$, la vitesse de phase est de même sens que la vitesse d'énergie ; les ondes correspondantes seront appelées « ondes directes ».

Lorsque v_k a une valeur négative ($k < 0$), la vitesse de phase est de sens inverse à la vitesse d'énergie, l'onde correspondante sera appelée « onde inverse ». Les vitesses de phase de ces ondes jouent un rôle important dans l'interaction entre un faisceau électronique et le champ électrique d'une ligne à structure périodique. Il est alors commode de représenter graphiquement les propriétés de la ligne à retard, non pas par la variation de ψ avec la fréquence, mais par les variations du « taux de retard » $c/|v_k|$ avec la longueur d'onde λ. Sur ce graphique (*fig.* 1) les lignes d'égale valeur de $|\psi|$ sont des droites passant par l'origine et de pente $|\psi|/2\pi p$. Les courbes correspondant à diverses valeurs de k se déduisent de l'une d'entre elles par une construction simple ($ab = bc = de = ef$). Les tangentes aux points de ces diverses courbes correspondant à une valeur donnée de λ coupent l'axe des $c/|v|$ en un point d'ordonnée c/v_g pour les ondes directes et $-c/v_g$ pour les ondes inverses. v_g étant au plus égal à c, ceci montre que la dispersion Δ définie comme la variation du taux de retard avec la longueur d'onde $[\Delta = d(c/|v_k|)/(d\lambda/\lambda)]$ peut être positive, négative ou nulle pour les ondes directes, sa valeur positive étant au maximum égale à $(c/v_g) - 1$. Pour les ondes inverses, la dispersion est nécessairement positive et au minimum égale à $(c/v_g) + 1$. Il est compréhensible que la forme de la courbe de dispersion peut être adaptée à son emploi particulier dans un tube électronique UHF par un choix convenable de la structure de la ligne (²).

PHOTOMÉTRIE. — *Nouveau photomètre visuel pour le ciel nocturne.* Note de M. **Hubert Garrigue**, présentée par M. Jean Cabannes.

Appareil dérivé des précédents prototypes et présentant plusieurs particularités, dont une source étalon de même répartition spectrale que le ciel nocturne moyen et un montage tropicalisé.

On a réalisé, en 1939, un photomètre pour la lumière du ciel nocturne, au laboratoire danois de Godhavn (Groenland NW) (¹).

Depuis, divers prototypes plus évolués ont été mis au point. Le dernier en date, construit pour l'Observatoire de Ksara (Liban), présente de nombreuses améliorations sur les modèles précédents.

(²) R Warnecke et P. Guénard, Demande de brevet français, n° provisoire 606 503 du 15 mars 1951 ; R. Warnecke et O. Doehler, Demande de brevet français n° provisoire 608632 du 23 avril 1951 ; P. Guénard, R. Warnecke et R. Berterottiere, Demande de brevet français n° provisoire 609 138 du 28 avril 1951.

(¹) *Comptes rendus*, 209, 1939, p. 769.

1° L'appareil proprement dit (dimensions 175 × 120 × 120 mm, poignée articulée de 130 mm) est entièrement métallique. Les détails ont été étudiés pour obtenir un ensemble conservant toutes ses caractéristiques sous tous les climats. Les trois filtres (Wratten 47 C5, 61 N, 24) collés sous verre, sont montés librement dans des châssis métalliques incorporés dans le boîtier et commandés de l'extérieur : ils peuvent être utilisés successivement ou bien escamotés (mesures en lumière totale). Le système étalon est monté dans un boîtier métallique étanche; le coin photométrique, de forme cylindrique est commandé directement par un axe d'acier de 6 mm, tournant dans deux paliers bronze alignés à 0,05 mm près. L'extrémité de l'axe comporte un bouton, un index gradué et une aiguille d'inscription. La lampe, alimentée sous 1,900 V, fournit, après filtrage au moyen de deux verres opalins doucis et d'un écran spécial (Wratten n° 78) une lumière de même répartition spectrale que celle du ciel nocturne moyen : on évite ainsi les erreurs (légères à travers les écrans colorés, plus importantes en lumière totale) dues au phénomène de Purkinjie. L'écran blanc de comparaison, de 77 × 34 mm, situé à 20 cm des yeux (pour profiter du phénomène de myopie nocturne) est en verre opalin douci, muni d'un miroir, collé sur la tranche qui se juxtapose sur la plage à mesurer (pour éviter l'effet d'assombrissement du bord). Un dispositif spécial (tige de 2 mm placée entre l'écran de comparaison et la lampe étalon, portant ombre partielle) permet d'obtenir une brillance uniforme de cet écran. L'intérieur du boîtier est garni de poussière de textile noir fixée sur laque noire glycérophtalique. Des œillères en cuir facilitent les visées; elles sont pourvues de trous d'aération, pour éviter la buée sur les écrans colorés.

2° L'inscripteur de la position du coin comporte une aiguille qui marque un repère sur une bande de papier dont le déroulement est commandé par un bouton à rochet. L'aiguille peut être déplacée par rapport à l'axe, indépendamment de l'index gradué, ce qui permet ainsi d'adapter l'appareil à une gamme très étendue de brillances.

3° La boîte d'alimentation (dimensions 125 × 185 × 55 mm), également métallique est « tropicalisée ». Elle comporte un galvanomètre à faible champ magnétique. Son cadran, noir mat, est muni de deux petits index blancs (pour le zéro et la valeur de 1,900 V) éclairés par une lampe (2 V, 0,05 A) incorporée. Sa précision est ± 0,01 V. Les deux rhéostats permettant l'alimentation de la lampe étalon sous le voltage choisi (1,900 V) l'un de grande résistance, l'autre de résistance 20 fois moindre, sont en constantan pur. Le cordon d'alimentation, reliant la boîte au photomètre de 3 m de long, est à quatre conducteurs : deux d'entre eux relient directement le galvanomètre à l'entrée de la lampe étalon.

Les résultats d'étalonnage montrent une précision accrue par rapport aux modèles précédents : cela est dû à l'extrême précision du montage

métallique, à l'amélioration de la source étalon, à la légèreté (750 g au lieu de 1250 g pour le précédent prototype), à une meilleure adaptation de l'appareil.

OPTIQUE MOLÉCULAIRE. — *Application du modèle métallique à l'absorption et à la fluorescence de quelques colorants.* Note de Mlle **Élisabeth Laffitte**, présentée par M. Jean Cabannes.

Dans l'hypothèse du modèle métallique (M. M.) Nikitine et El Komoss (1) ont calculé les fréquences des maxima d'absorption et les moments de transition des colorants polyméthines, puis du bleu de méthylène et de la thionine.

D'une manière analogue, nous avons appliqué la théorie du M. M. à quelques colorants rapportés dans le tableau I et qui dérivent tous d'un même squelette plan anthracénique.

1° *Absorption.* — Nous avons mesuré la longueur d'onde des maxima d'absorption de ces colorants, d'une part en solution solide dans le plexiglass (bande visible seulement), d'autre part en solution dans la monochlorhydrine du glycol (bande visible et bandes ultraviolettes). La bande visible ayant même fréquence dans le plexiglass et dans la monochlorhydrine, nous avons adopté dans ces deux solvants le même état d'ionisation, correspondant au pH de la monochlorhydrine.

A partir de la valeur expérimentale λ_1 du maximum d'absorption de la première bande, nous avons déterminé, outre le paramètre ε de la théorie du M. M., la valeur des maxima d'absorption des autres bandes. Nous avons attribué à la fluorescéine 10 électrons métalliques (électrons μ); pour les autres corps, nous y avons ajouté le doublet de l'azote non ionisé. On voit (tableau I) que l'accord entre les valeurs calculées et mesurées est satisfaisant, si l'on considère les approximations de la théorie.

Nons avons trouvé pour la fluorescéine en solution dans la monochlorhydrine (et aussi dans l'alcool) deux bandes d'absorption dans le visible : 485 et 454 mμ; cette dernière correspond à la bande trouvée dans le plexiglass (450 mμ) légérement décalée. On peut attribuer ces deux bandes à deux formes isomériques (dont une seule subsiste dans le plexiglass) correspondant à deux valeurs différentes du paramètre ε. Les bandes UV trouvées peuvent se rattacher, l'une à la bande de tête 485, l'autre à 454 mμ.

Les bandes expérimentales à 300 mμ (fluorescéine) et 355 mμ (rhodamine B) dues au noyau benzénique substituant (bandes « extérieures ») ne sont évidemment pas à envisager ici.

---

(1) S. Nikitine, *Journ. Chim. Phys.*, 47, 1950, p. 614; 48, 1951, p. 37; 49, 1952, p. 175; S. Nikitine et S. G. El Komoss, *Journ. Chim. Phys.*, 47, 1950, p. 798; 48, 1951, p. 44; S. G. El Komoss, *Thèse*, 1952, Université Farouk I, Égypte.

TABLEAU I.

Colorant.	Euchrysine.	Trypaflavine et jaune d'acridine.	Fluorescéine.	Rhodamine B.
λ (mμ) expérimentales.....	505, 295, 270	465, 265	{ 485, 250 ; 454, 230 }	557, 305, 261
λ (mμ) calculées).........	505, 275, 235	465, 252, 216	{ 485, 268 ; 450, 248 }	557, 302, 259
ε........................	0,15	−0,26	{ −1,2 ; −0,8 }	0,6
p_0 calculé	0,44	0,44	0,44	0,46
p_0 mesuré................	0,43	{ 0,43 ; 0,42 }	0,43	0,44

II. *Fluorescence*. — L'oscillateur spatial de Jablonsky ([2]), identique pour l'absorption et l'émission, se réduit ici à deux composantes parallèles à Ox et Oy (nous avons pris Ox suivant le grand axe de la molécule). On peut caractériser l'anisotropie de cet oscillateur par le rapport α des carrés des moments de transition correspondants $\mathcal{M}_y$ et $\mathcal{M}_x$ et en déduire la polarisation fondamentale p_0 de la fluorescence

$$p_0 = \frac{1+\alpha^2-\alpha}{2[1+\alpha^2+1,5\alpha]}. \tag{1}$$

Nous avons calculé $\mathcal{M}_y$ et $\mathcal{M}_x$ en expliquant la bande de fluorescence par la transition électronique inverse de celle qui rend compte de la bande d'absorption dans le visible. Parmi les trajets possibles pour les électrons μ nous avons choisi le plus dissymétrique. Nous avons calculé α en adoptant $\varepsilon = 0$ pour l'euchrysine, la trypaflavine, le jaune d'acridine, $\varepsilon = -1$ pour la fluorescéine et $\varepsilon = 0,6$ pour la rhodamine B. Les valeurs de p_0 calculées à partir de la formule (1) sont en bon accord avec les valeurs mesurées dans nos échantillons de plexiglass (tableau I).

Le circuit des électrons μ comporte une part d'arbitraire et devra sans doute être complété dans certains cas pour tenir compte des ramifications possibles; il n'en reste pas moins que l'anisotropie de l'oscillateur, calculée dans l'hypothèse du M. M., rend compte de la polarisation fondamentale p_0 de la fluorescence.

([2]) *Z. Phys.*, **96**, 1935, p. 238 et *Act. Phys. Polonica*, 5, 1936, p. 271.

PHYSIQUE NUCLÉAIRE. — *Étude des spectres* β^- de ${}^{90}_{39}Y$, ${}^{91}_{39}Y$, ${}^{142}_{59}Pr$, ${}^{86}_{37}Rb$. Note de MM. **Jean Moreau** et **Jean Perez y Jorba**, présentée par M. Louis Leprince-Ringuet.

A l'aide du spectromètre β [1] à champ uniforme du Commissariat à l'Énergie atomique, nous avons étudié la forme des spectres β^- de ${}^{90}_{39}Y$, ${}^{91}_{39}Y$, ${}^{142}_{59}Pr$, ${}^{86}_{37}Rb$ et nous avons fait la détermination de l'énergie maximum des spectres.

Dans le cas des transitions permises, H élément de matrice de l'hamiltonien de perturbation ne dépend pas de l'énergie W de la particule émise et le diagramme de Fermi est linéaire. Pour les transitions interdites, H dépend de l'énergie de la particule émise et le diagramme de Fermi n'est plus linéaire; des coefficients de correction calculés [2], fonction de l'énergie, permettent de rendre la représentation linéaire pour ces transitions interdites.

Les transitions étudiées sont des interdictions de premier ordre qui présentent un changement de parité et un changement de spin égal à 2 [3]. Le coefficient de correction calculé pour ces transitions est approximativement

$$a = W^2 - 1 + (W_0 - W)^2,$$

W, énergie totale de la particule et W_0, énergie maximum totale de la particule (en unités $m_0 c^2$).

${}^{90}_{39}Y$ — 61 h. — Plusieurs déterminations de l'énergie limite ont déjà été faites, les valeurs trouvées sont en général comprises entre les valeurs 2.180 MeV $\pm$ 0,007 de L. M. Langer et H. C. Price [4] et 2,350 $\pm$ 0,030 de W. E. Meyerhof [5].

Il nous a paru intéressant de faire une nouvelle détermination de l'énergie limite. Nous avons utilisé du ${}^{90}_{39}Y$ séparé par précipitation à l'état d'hydroxyde d'une solution en équilibre de ${}^{90}_{38}Sr \xrightarrow{\beta^-} {}^{90}_{39}Y$. (La séparation chimique a été faite par le Service de Chimie Appliquée).

Une source de quelques microcuries a été préparée par dépôt d'une goutte de solution sur un support de formvar de 0,04 mg/cm².

L'application du coefficient de correction donne bien une droite pour le diagramme de Fermi. Nous trouvons pour l'énergie maximum déterminée par la fin de la droite de Fermi :

$$E_0 = 2,270 \pm 0,020 \text{ MeV}.$$

---

(1) P. Bretonneau et J. Moreau, *Spectromètre* β *à champ uniforme* (article à paraître au *Journal de Physique*).

(2) E. J. Konopinski, *Rev. Mod. Phys.*, **15**, 1943, p. 209.

(3) M. G. Mayer, S. A. Moszkowski et L. W. Nordheim, *Rev. Mod. Phys.*, **23**, 1951, p. 315.

(4) *Phys. Rev.*, **76**, 1949, 186 (A), **76**, 1949, 454 (A) et **76**, 1949, p. 641.

(5) *Phys. Rev.*, **74**, 1948, p. 621.

$^{91}_{39}Y$ — 60 jours. — L. M. Langer et H. C. Price Jr (6) ont trouvé pour énergie limite du spectre β^- 1,537 MeV ± 0,007, plus récemment H. M. Agnew (7) a trouvé 1,560 MeV ± 0,010.

Nous avons étudié $^{91}_{39}Y$ obtenu par fission (l'extraction a été faite par le Service de Chimie Appliquée); deux sources ont été préparées.

Une source de quelques microcuries a été faite par dépôt d'une goutte de solution sur un support de formvar de 0,04 mg/cm²; cette source a permis l'étude du spectre β.

Une autre source d'une dizaine de microcuries a été également préparée; cette source dont la masse superficielle est plus élevée, a permis seulement l'étude de la fin du spectre.

Le diagramme de Fermi corrigé avec *a* est bien linéaire. Nous trouvons pour l'énergie maximum :

$$E_0 = 1,564 \pm 0,010 \text{ MeV}.$$

$^{142}_{59}Pr$ — 19 h. — Plusieurs valeurs de l'énergie limite du spectre énergique ont déjà été publiées.

$E_0 = 2,230$ MeV, par E. R. Rae (8);

$E_0 = 2,140 \pm 0,020$ MeV, par J. W. Dewire (9);

$E_0 = 2,154$ MeV, par E. N. Jensen (10).

Nous avons étudié du $^{142}_{59}Pr$ obtenu par irradiation à la pile de Châtillon de Pr naturel (Johnson Matthey, pureté 99,8 %), sous forme d'oxyde.

Le spectre est complexe, nous n'avons étudié que la composante énergique.

Le coefficient de correction donne ici également un diagramme de Fermi linéaire. Nous trouvons pour l'énergie maximum :

$$E_0 = 2,140 \pm 0,010 \text{ MeV}.$$

$^{86}_{37}Rb$ — 19,5 jours. — Plusieurs valeurs ont été également publiées pour cet isotope, mais elles présentent des différences appréciables.

D. J. Zaffarano, B. D. Kern, A. C. G. Mitchell (11) trouvent 1,822 ± 0,014 MeV. E. Haggstrom (12) trouve 1,600 MeV ± 0,030 H. R. Muether et S. L. Ridgway (13) ont trouvé récemment 1,800 ± 0,010 MeV.

Nous avons obtenu cet isotope par irradiation à la pile de Châtillon, de

---

(6) *Phys. Rev.*, 76, 1949, 186 (A), 76, 1949, 454 (A) et 76, 1949, p. 641.

(7) *Phys. Rev.*, 77, 1950, p. 655.

(8) *Proc. Phys. Soc. Lond.*, A 63, 1950, p. 293.

(9) J. W. Dewire, M. L. Pool et J. D. Kurbatov, *Phys. Rev.*, 61, 1942, 564 et 61, 1942, 544 A.

(10) *Phys. Rev.*, 80, 1950, p. 862.

(11) *Phys. Rev.*, 74, 1948, p. 682.

(12) E. Haggstrom, *Phys. Rev.*, 62, 1942, p. 144.

(13) H. R. Muether et S. L. Rigdway, *Phys. Rev.*, 80, 1950, p. 750.

NO_3Rb naturel. Après décroissance du $^{88}_{37}Rb$ (17,5 m), nous avons préparé une source par dépôt de NO_3Rb sur support mince de formvar.

Le spectre est complexe, nous n'avons étudié que la composante énergique.

Nous avons obtenu pour le diagramme de Fermi corrigé, une droite jusqu'à la naissance du second spectre et nous trouvons pour l'énergie maximum :

$$E_0 = 1,785 \pm 0,005 \text{ MeV}.$$

CHIMIE PHYSIQUE. — *Entraînement du cérium par le nitrate de potassium suivi à l'aide de $^{144}Ce^*$ comme indicateur.* Note (*) de M. **Jules Pauly**, présentée par M. Frédéric Joliot.

L'entraînement de traces de Ce^{+++} a été étudié dans la cristallisation de NO_3K en solution : la majeure partie de l'impureté est localisée dans la zone périphérique des cristaux. A l'intérieur la distribution est homogène et identique pour les petits et les gros cristaux. Cet entraînement est proportionnel à la concentration en cérium de la solution, mais il est plus faible que ne l'était celui du strontium [1].

Ayant précédemment étudié [1] l'entraînement de Sr^{++} par NO_3K, nous avons montré que la faible proportion (e) de $(NO_3)_2Sr$ fixée à l'intérieur du cristal est exprimée par l'équation

$$(1) \qquad e = k.R \qquad (\text{avec une constante } k = 1,0.10^{-3}),$$

R étant le rapport : masse corps étranger/masse NO_3K de la solution. Nous avons cette fois mesuré l'entraînement de Ce^{+++}. En examinant les propriétés des ions K^+, Sr^{++} et Ce^{+++} on peut déjà prévoir que l'incorporation du cérium à l'intérieur du cristal sera plus faible que celle du strontium, bien que l'adsorption superficielle de Ce^{+++} soit favorisée par suite de sa charge élevée.

Les premiers essais portent sur l'entraînement global de $(NO_3)_3(Ce + {}^{144}Ce^*)$ par NO_3K. Les expériences sont conduites de la même façon que pour le strontium. La teneur en impureté est calculée en microgrammes de $(NO_3)_3(Ce + {}^{144}Ce^*)$ par gramme de NO_3K. Les résultats montrent, comme pour le strontium, que l'entraînement est le même pour les petits et les gros cristaux. Sur la figure 1 nous avons porté en coordonnées logarithmiques l'entraînement en fonction du rapport R_0 (proportion initiale de l'impureté dans la solution). La courbe obtenue est linéaire et a une pente voisine de 0,9. Du côté des grandes concentrations, deux points angulaires indiquent la formation d'eutectiques.

Afin de déterminer la distribution spatiale du cérium à l'intérieur des cristaux, ceux-ci sont dissous par couches successive, leur activité permet-

(*) Séance du 23 juin 1952.

(1) *Comptes rendus*, **231**, 1950, p. 1478; **232**, 1951, p. 2203; **233**, 1951, p. 1599.

tant de calculer l'entraînement en fonction de la distance au centre du cristal. Les premières courbes obtenues présentent des irrégularités que nous attribuons à des inclusions de sels basiques précipités au voisinage du cristal par suite de

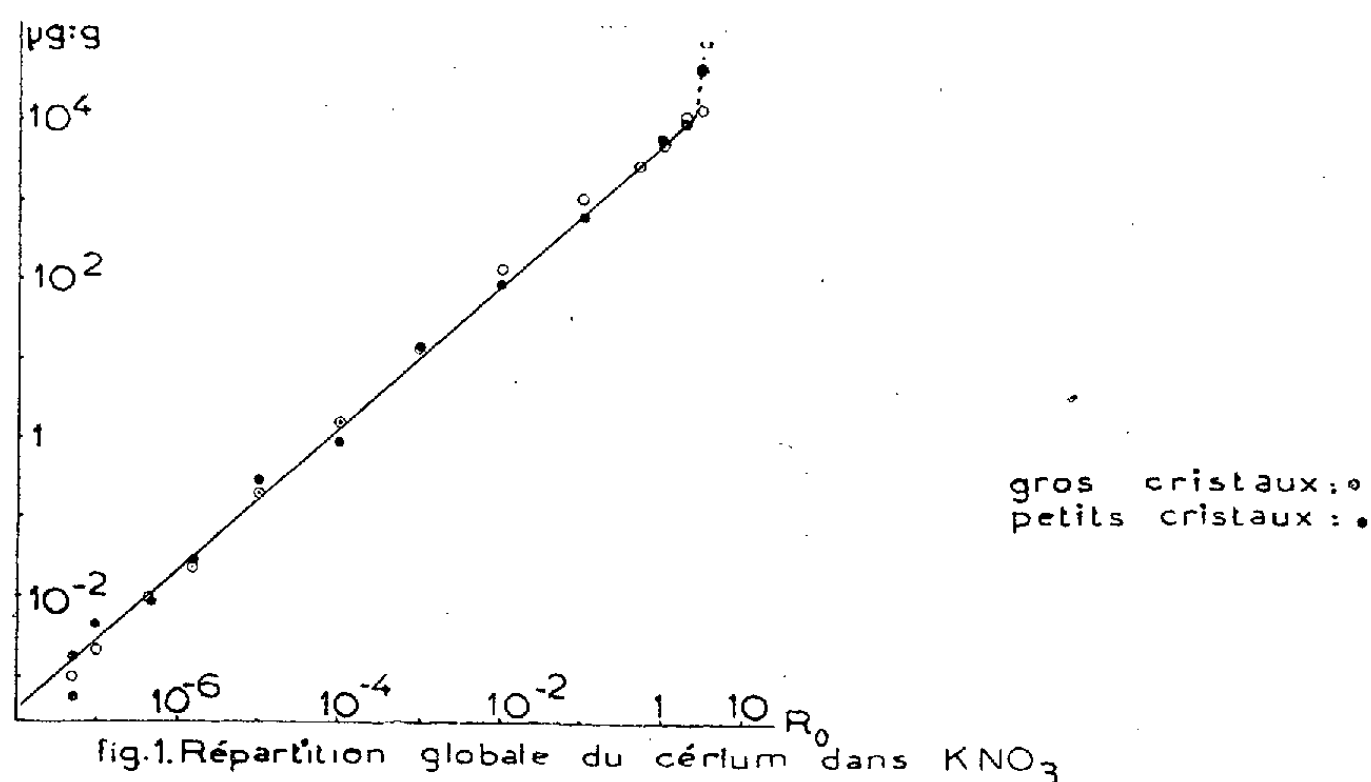


fig. 1. Répartition globale du cérium dans KNO_3

l'oxydation de Ce^{+++}. Les petits cristaux donnent des courbes moins accidentées que les gros, ces derniers pouvant incorporer plus facilement des inclusions.

Cette interprétation est confirmée par l'influence prépondérante du pH. En milieu presque neutre, pH ∿ 5,5, l'impureté est entraînée fortement et la courbe est très irrégulière. Par augmentation de l'acidité, pH ∿ 4,0, l'entraînement est diminué et les discontinuités devenant plus rares laissent apparaître un début de palier. En milieu très acide, pH ∿ 0, la courbe est devenue

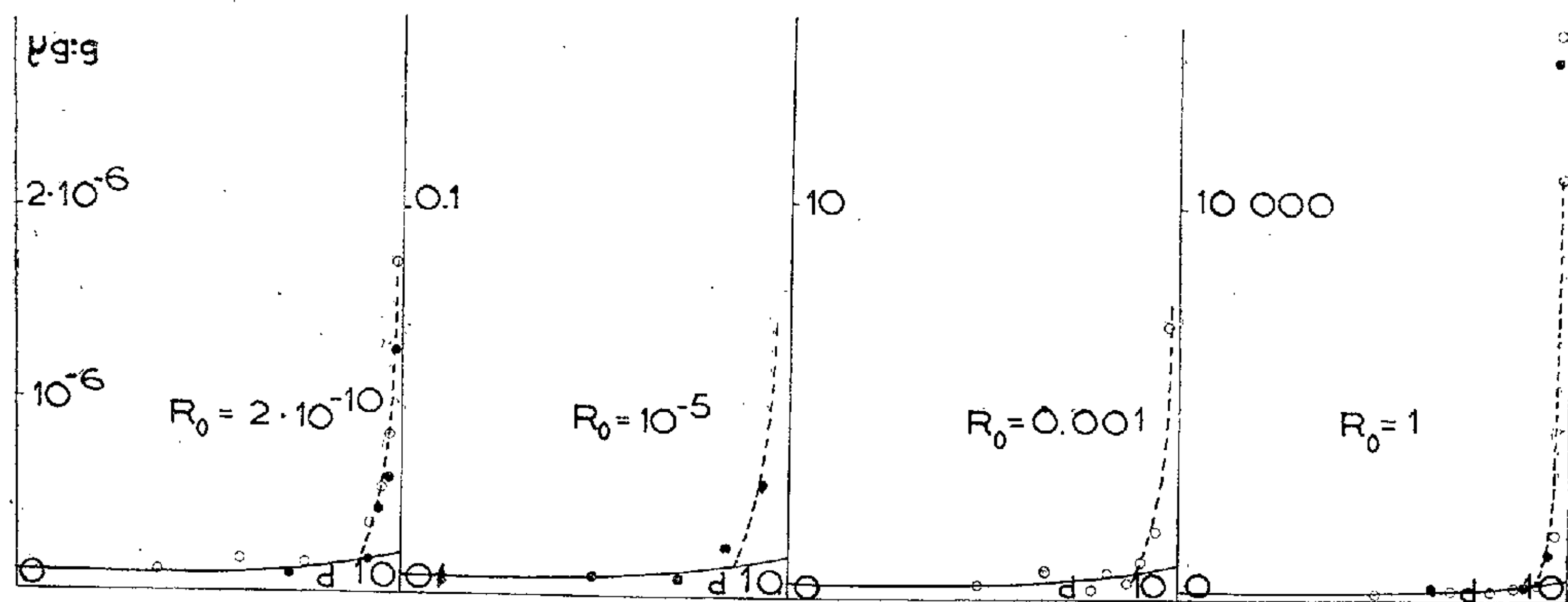


fig. 2. Distribution spatiale du cérium dans des petits et des gros cristaux de KNO_3 pour des p_H acides.

parfaitement régulière et, à l'intérieur du cristal, la teneur en cérium est constante. Cet entraînement homogène (*e*) a été étudié pour les petits et les gros cristaux en fonction du rapport R_0. Des cristaux formés dans des solu-

tions acides sont dissous progressivement dans de l'acétone contenant 5 % d'eau. La figure 2 représente les résultats obtenus : à l'intérieur du cristal la proportion de $(NO_3)_3Ce$ est la même pour les petits et les gros cristaux et elle est proportionnelle au rapport R_0. L'équation (1) établie pour Sr^{++} s'applique ici également avec une constante $k \sim 0,5.10^{-3}$. Cependant, du côté des fortes concentrations, l'entraînement devient plus faible que ne le laisse prévoir cette loi. Ainsi pour $R_0 = 1$, $k = 0,2.10^{-3}$.

En conclusion, le NO_3K cristallisé dans des solutions contenant du $(NO_3)_3Ce$ fixe une certaine quantité de ce sel répartie d'une façon homogène dans toute sa masse. Cet entraînement est proportionnel à la teneur en Ce^{+++} de la solution, quoique pour les concentrations élevées il diminue en valeur relative; enfin, il est plus faible que dans le cas du Sr^{++}.

CHIMIE PHYSIQUE. — *Étude dilatométrique du gadolinium métallique.* Note (*) de MM. **Félix Trombe** et **Marc Foëx**, présentée par M. Paul Lebeau.

Rappelons que le gadolinium est un des éléments des terres rares qui présentent à l'état métallique des phénomènes magnétiques de grande intensité ([1]) s'apparentant étroitement à ce que l'on appelle le ferromagnétisme, définition en général réservée à certains éléments du groupe du fer ou à leurs composés.

Au point de vue dilatométrique, les corps ferromagnétiques classiques présentent, à leur point de Curie, une anomalie très marquée caractérisée par un point d'inflexion de la courbe des allongements avec une valeur maximum du coefficient de dilatation (allure λ).

L'étude dilatométrique du gadolinium (éprouvette de métal de 13 mm de longueur ayant comme impureté principale de 0,1 à 0,2 % de magnésium et une très faible teneur en fer) a été faite entre — 195° C et + 300° C à l'aide d'un dilatomètre différentiel Chevenard à haute sensibilité. Au-dessus de la température ordinaire, l'éprouvette est placée dans une atmosphère d'argon purifiée; pour les basses températures, on utilise une atmosphère d'hydrogène. Les vitesses de chauffage et de refroidissement sont de l'ordre de 100°/h.

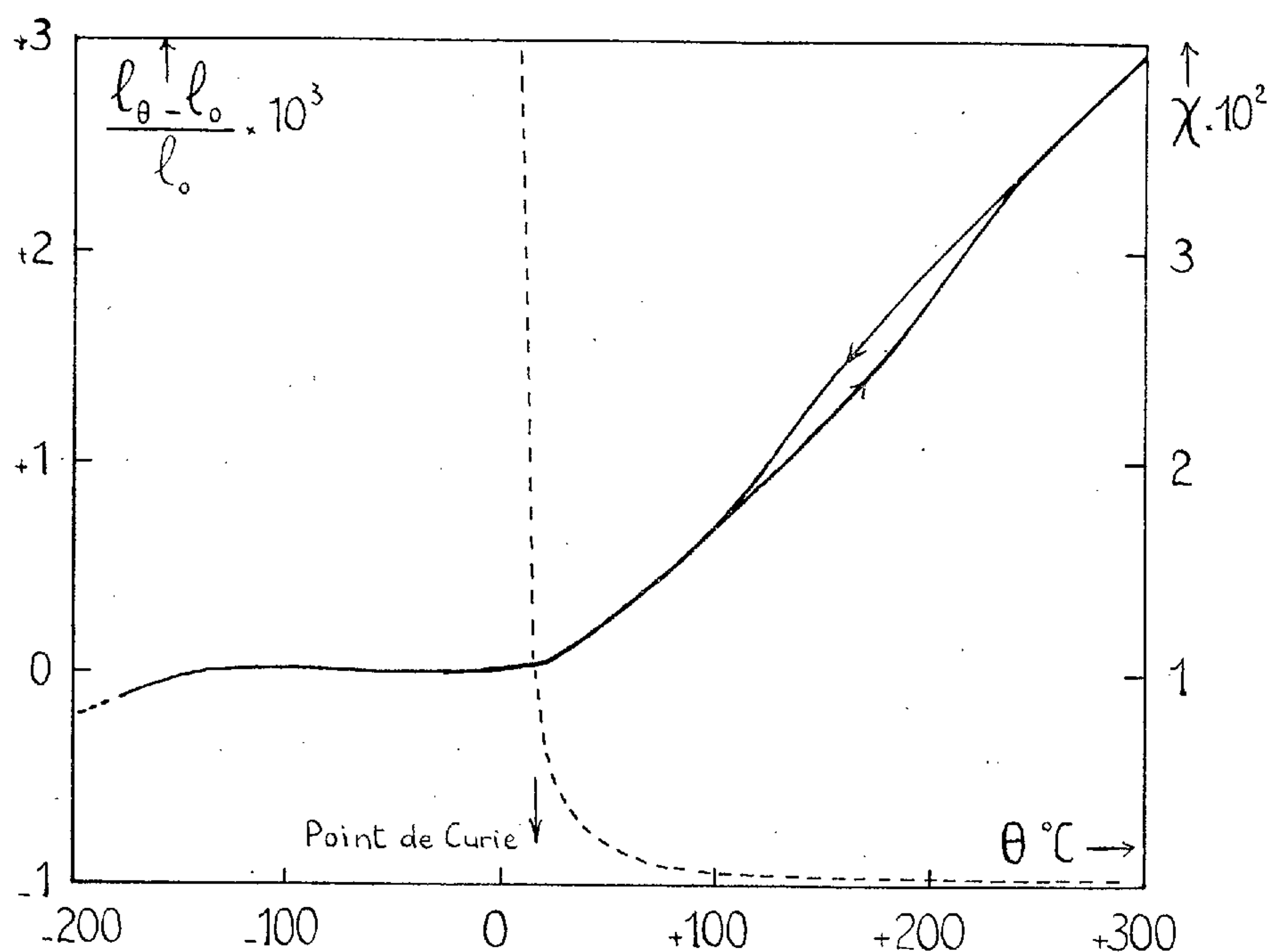
Les résultats sont résumés dans la figure ci-contre qui représente, d'une part, les allongements du gadolinium ramené à l'unité de longueur à 0° C (trait plein) et, d'autre part, à titre de comparaison, la variation de la susceptibilité magnétique de ce métal (trait pointillé) en fonction de la température. Dans la région du point de Curie (16° C) et au-dessous,

(*) Séance du 30 juin 1952.

([1]) F. Trombe, *Ann. Phys.*, 11e série, 7, 1937, p. 115.

les χ indiqués correspondent à des valeurs approximatives définies dans un champ de l'ordre de 1 000 Oe.

La courbe de dilatation présente, vers 20° C, un coude très marqué qui coïncide pratiquement avec la disparition du ferromagnétisme. Au-dessus de ce point de Curie, défini magnétiquement à 16° C ± 2, le coefficient de dilatation du gadolinium est assez élevé et voisin de celui qui a été observé pour d'autres métaux des terres rares [2].



Entre 100 et 200° C, le gadolinium présente une faible transformation dilatométrique avec hystérésis. Cette transformation n'a pas été décelée magnétiquement.

Vers les basses températures, au-dessous du point de Curie, et jusqu'à — 140° C, la dilatation est extrêmement faible. Plus bas, le métal présente un coefficient de dilatation positif et appréciable.

Les phénomènes observés sont, en dehors de l'anomalie dilatométrique de haute température, sensiblement réversibles, tout au moins dans les conditions de l'expérience. D'autre part, un recuit à 320° C n'apporte aucune modification aux résultats indiqués.

Il est à remarquer que le gadolinium, métal dont les propriétés magnétiques sont plus intenses même, dans certaines conditions, que celles du

(2) F. Trombe et M. Foëx, *Comptes rendus*, **232**, 1951, p. 63.

fer [1] ne se comporte pas, au point de vue dilatométrique, comme les ferromagnétiques classiques.

Lors de la disparition du ferromagnétisme (point de Curie), on note généralement, pour ces derniers, une augmentation progressive du coefficient de dilatation, comme si un coefficient exceptionnel positif venait accroître la valeur du coefficient normal. Dans le cas du gadolinium, au contraire, tout se passe comme si un coefficient de dilatation exceptionnel négatif compensait sensiblement, jusqu'au point de Curie, l'effet du coefficient normal.

Il n'est pas non plus exclu que l'on ait affaire à une transformation allotropique, mais celle-ci semble peu probable en raison de la réversibilité sans hystérésis apparente des phénomènes observés.

CHIMIE PHYSIQUE. — *Étude spectrophotométrique de l'hydratation des aldéhydes α-halogénés.* Note de M. **Paul Federlin**, transmise par M. Pierre Jolibois.

Les aldéhydes non substitués ont été soumis à de nombreuses études spectrophotométriques en vue de déterminer leur état d'hydratation dans l'eau [1], [2], [3]. Dans un travail récemment publié [4], l'hydratation a été réduite par l'emploi de mélanges eau + dioxane.

Dans l'étude polarographique des aldéhydes aliphatiques α-halogénés [5], [6], [7], nous avons mis en évidence la grande influence de l'hydratation de ces corps sur leur comportement électrochimique. La polarographie nous a permis d'établir un ordre de stabilité croissante des hydrates, sans cependant pouvoir conduire à des déterminations quantitatives. C'est pourquoi nous avons eu recours à la méthode spectrophotométrique.

Nous avons déterminé, d'une part, le coefficient d'absorption ε_0 de la bande du carbonyle des corps étudiés dans l'hexane ou dans le dioxane, d'autre part nous avons mesuré l'absorption ε dans le domaine ultraviolet voisin de 2900 Å de solutions dans des mélanges eau-dioxane. Le rapport $\varepsilon/\varepsilon_0 = a$ permet la détermination de la concentration a en aldéhyde libre. Nous avons pu ainsi calculer les constantes de décomposition des hydrates.

---

(1) Hérold, *Z. phys. Chemie*, B **12**, 1931, p. 165 et B **18**, 1932, p. 265.
(2) R. Bieber et G. Trümpler, *Helv. Chim. Acta*, **30**, 1947, p. 1860.
(3) R. P. Bell et J. C. Clunie, *Trans. Faraday Soc.*, **48**, 1952, p. 439.
(4) P. Rumpf et C. Bloch, *Comptes rendus*, **233**, 1951, p. 1364.
(5) A. Kirrmann et P. Federlin, *Comptes rendus*, **230**, 1950, p. 1066.
(6) P. Federlin, *Comptes rendus*, **232**, 1951, p. 60.
(7) A. Kirrmann, E. Saito et P. Ferdelin, *J. Chim. Phys.*, **49**, 1952, C 154.

a, concentration en aldéhyde libre; b, concentration en eau, en molécule par litre; c, concentration analytique en aldéhyde.

$$K = \frac{[\text{aldéhyde libre}][\text{eau}]}{\text{aldéhyde hydraté}} = \frac{ab}{(c-a)},$$

$$\frac{dK}{K} = \frac{d\varepsilon}{\varepsilon}\left(1 + \frac{a}{(c-a)}\right),$$

$$\frac{d\varepsilon}{\varepsilon} \simeq 2\,\%;$$

Nous avons eu recours au milieu eau-dioxane : pour réduire l'hydratation, pour des raisons de solubilité, et pour avoir un milieu comparable à celui des mesures polarographiques. Pour avoir une absorption suffisante, nous avons utilisé une épaisseur de solution de 5 cm. Les mesures ont été faites en partie avec un spectrographe ultraviolet Hilger à plaques photographiques, en majorité avec un spectromètre Jobin-Yvon pour l'ultraviolet.

Le coefficient d'absorption ε_0 dans le dioxane pur a été trouvé identique à celui dans l'hexane. Nos mesures de ε_0 concordent avec les données bibliographiques relatives au butanal et au chloral ([1]). Nous n'avons pas fait de correction sur ε_0 au passage des solvants inertes aux milieux aqueux ([4]). Cette correction nous paraissait trop arbitraire, car dans notre cas on ne peut la déduire de mesures sur les cétones halogénées analogues, elles-mêmes hydratées ([1]).

La constance de K a été vérifiée pour différentes valeurs de la concentration totale c. Même le changement de milieu (25 % et 12,5 % d'eau) ne modifie pas la valeur de K d'une façon importante. Les résultats expérimentaux sont réunis dans le tableau ci-dessous.

Constantes de décomposition des hydrates d'aldéhydes à 20°.

		Milieu					
		Dioxane 75 % + Eau 25 %.			Dioxane 87,5 % + Eau 12,5 %.		
Aldéhyde étudié.	Hexane ε_0.	K.	$\frac{dK}{K}$ (%).	% ald. libre.	K.	$\frac{dK}{K}$ (%).	% ald. libre.
$CH_3-CH_2-CH_2-CHO$	18,5	49 ± 4,5	9	78	–	–	–
$CH_2Cl-CHO$	35,0	0,48 ± 0,01	2	3,4	0,38 ± 0,01	2	5,2
$CHCl_2-CHO$	52,5	< 0,16	–	< 1	–	–	–
CCl_3-CHO	35,0	< 0,06	–	< 0,4	–	–	–
$CH_3-CH_2-CHCl-CHO$	32,0	1,20 ± 0,02	2,2	7,8	0,90 ± 0,02	2,2	11,5
$(CH_3)_2-CCl-CHO$	25,0	3,5 ± 0,09	2,5	20	2,75 ± 0,08	2,8	28,5
$CH_3-(CH_2)_4-CHCl-CHO$	19,0	2,9 ± 0,07	2,4	17	2,6 ± 0,07	2,8	27
$CH_3-CH_2-CHBr-CHO$	66	4,15 ± 0,11	2,6	23	4,2 ± 0,13	3,2	37,5
$CH_3-(CH_2)_4CHBrCHO$	70	5,6 ± 0,15	2,8	29	5,7 ± 0,2	3,6	45
$CH_3-CH_2-CBr_2-CHO$	80	1,85 ± 0,04	2,25	12	1,75 ± 0,04	2,5	20

Trois effets ont surtout retenu notre attention :

a. L'accumulation d'atomes d'halogène dans la molécule stabilise la forme hydratée ;

b. L'allongement de la chaîne diminue l'hydratation ;

c. Les hydrates d'aldéhydes chlorés sont plus stables que les hydrates bromés correspondants.

Les résultats de cette étude confirment les indications qualitatives que les mesures polarographiques nous avaient fournies sur l'importance de l'hydratation.

CHIMIE PHYSIQUE. — *Régimes permanents de diffusion déterminés, dans un gel, par la précipitation mutuelle de deux réactifs.* Note de MM. **Jean Salvinien**, **Jean-Jacques Moreau** et **Robert Gaufrès**, transmise par M. Jacques Duclaux.

La diffusion de deux réactifs, accompagnée de leur précipitation mutuelle, conduit à des problèmes de régime permanent susceptibles d'applications.

Nos recherches sur la diffusion dans une lame mince de gélatine nous ont déjà conduits à la résolution de plusieurs problèmes ([1]), ([2]).

Considérons deux réactifs R_1 et R_2 capables de réagir l'un sur l'autre en formant un précipité P *insoluble* et *non protégé* par la gélatine. Faisons-les diffuser l'un vers l'autre dans la lame à partir de deux sources étendues S_1 et S_2, distantes de 15 à 20 mm, et maintenues à des concentrations constantes C_1 et C_2.

Dès que R_1 et R_2 se rencontrent, une ligne F de précipité apparaît entre les deux sources. Dans le cas général, à mesure que la diffusion se poursuit, ce front F se déplace en se déformant de sorte qu'il balaye une portion de la lame en laissant derrière lui une plage de précipité. Mais si la durée de l'expérience est suffisante, et à condition que les concentrations C_1 et C_2 ne soient pas trop différentes l'une de l'autre, F finit par s'immobiliser sur un front définitif F_p correspondant à un régime permanent de la diffusion entre les deux sources. Le précipité s'accumule sur F_p.

Il est possible de modifier la position de F_p en jouant sur le rapport C_1/C_2. En particulier, on peut souvent obtenir la fixation immédiate de F. Dès le début de la diffusion, F coïncide avee F_p. Le précipité se rassemble sur une ligne fine. Il n'y a plus de plage de précipité.

Ces observations nous ont incités à l'examen d'un certain nombre de pro-

---

(1) Cotte et Salvinien, *Comptes rendus*, **223**, 1946, p. 315.

(2) Salvinien, *J. Chim. Phys.*, **48**, 1951, p. 465.

blèmes où la diffusion en *régime permanent* s'accompagne de précipitation. Plusieurs d'entre eux semblent pouvoir s'adapter à de bonnes mesures des coefficients de diffusion et leurs solutions peuvent servir de base à l'étude de phénomènes plus complexes que ceux qui correspondent aux hypothèses simplificatrices du début. C'est le cas pour le problème suivant :

Les deux sources S_1 et S_2 sont des cercles (*fig.* 1). On considère I_1 et I_2, points limites du faisceau défini par ces deux cercles, et le rapport des distances

$$\frac{MI_1}{MI_2} = k$$

(soit $k = k_1$ sur S_1 et $k = k_2$ sur S_2).

On démontre aisément que le front de précipitation en régime permanent s'établit sur un cercle du même faisceau (soit $k = k_0$ sur ce cercle) dont le

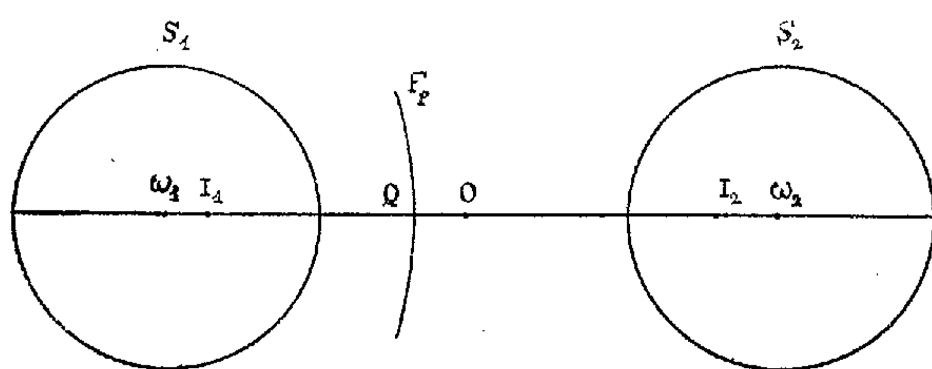
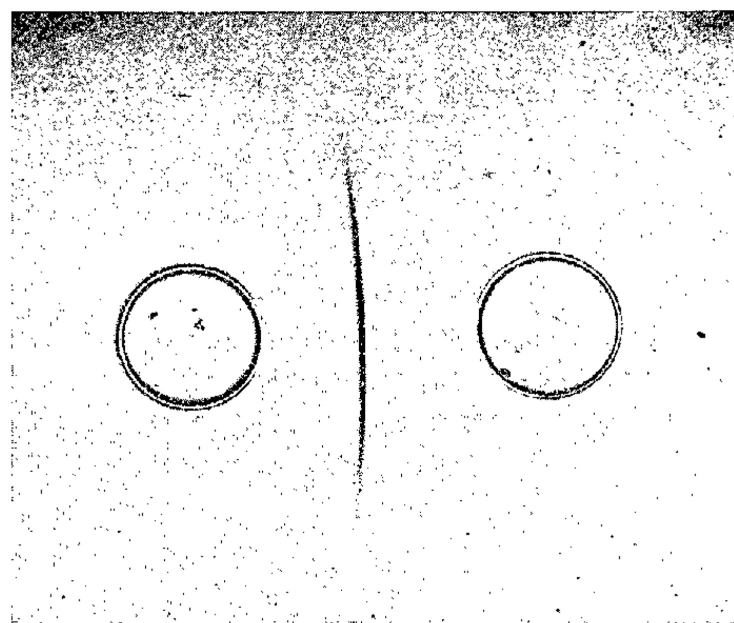


Fig. 1.


Fig. 2.

pointé permet la détermination du rapport des coefficients de diffusion D_1 et D_2 des deux réactifs :

$$\frac{D_1}{D_2} = -\frac{C_2}{C_1}\,\frac{\log k_1 - \log k_0}{\log k_2 - \log k_0}.$$

Les concentrations C_1 et C_2 sont exprimées en valences-gramme par unité de volume.

Considérons le cas usuel où les deux cercles ont même rayon r. Soit $\omega_1\omega_2 = 2l$ la distance de leurs centres et O le milieu de $\omega_1\omega_2$. Les points limites du faisceau sont situés à la même distance $OI_1 = OI_2 = \sqrt{l^2 - r^2}$ de O. On peut donc les placer sur la figure.

Il est facile de montrer que

$$k_1 = \frac{1}{k_2} = \frac{l - \sqrt{l^2 - r^2}}{r}.$$

Enfin, le front F_p coupe $\omega_1\omega_2$ en un point Q tel que

$$k_0 = \frac{QI_1}{QI_2}.$$

On connaît ainsi toutes les données géométriques permettant de calculer le rapport D_1/D_2.

En faisant diffuser du chlorure de baryum, de coefficient de diffusion D_1, contre du sulfate de potassium, de coefficient de diffusion D_2 (photo 2), nous avons trouvé $D_1/D_2 = 0,86$, valeur en accord avec des résultats que nous avons obtenus par d'autres procédés.

CHIMIE PHYSIQUE. — *Ferrites de terres rares à double point de Curie ferro-magnétique*. Note (*) de MM. **Hubert Forestier** et **Georges Guiot-Guillain**, présentée par M. Louis Hackspill.

En préparant et étudiant une nouvelle série de ferrites de terres rares, les auteurs mettent en évidence un groupe de composés qui a les caractères d'une structure comportant deux transitions ferromagnétiques successives.

Nous avons précédemment effectué une étude thermomagnétique d'un certain nombre de ferrites de terres rares, dont nous indiquions la préparation [1]. Il s'agissait des composés de formule générale $Fe_2O_3 . M_2O_3$, où M était un des éléments suivants : La, Pr, Nd, Sm, Er, ainsi que Y.

Nous avons ensuite précisé la structure cristalline de deux d'entre eux, les ferrites de lanthane et de praséodyme [2].

Dans le but de compléter la série de ces ferrites qui, tous, présentaient des propriétés magnétiques intéressantes, nous avons préparé, par la même méthode, les ferrites de gadolinium, de dysprosium, de thulium et d'ytterbium. Des caractères nouveaux ont été mis en évidence, par analyse thermomagnétique de ces produits, et leur découverte nous a incités à reprendre l'étude des ferrites précédents, sur des quantités plus grandes que celles dont nous avions disposé.

Les résultats de ce travail, joints aux indications que nous avait déjà fournies l'analyse aux rayons X [2], nous ont conduits à déterminer un autre groupe dans la série ferromagnétique des ferrites de terres rares, groupe comprenant les ferrites de samarium, de gadolinium, de thulium, d'ytterbium, ainsi que le ferrite d'yttrium.

Les courbes d'analyse thermomagnétique, effectuées sur des produits préalablement chauffés pendant 48 h à 1050° C, sont figurées ci-contre.

On distingue, sur chacune d'elles, deux points de Curie ferromagnétiques dont le plus élevé est du type rencontré avec les ferrites de lanthane et de praséodyme, c'est-à-dire correspond à une aimantation thermorémanente très marquée. Les températures de Curie sont les suivantes :

(*) Séance du 30 juin 1952.

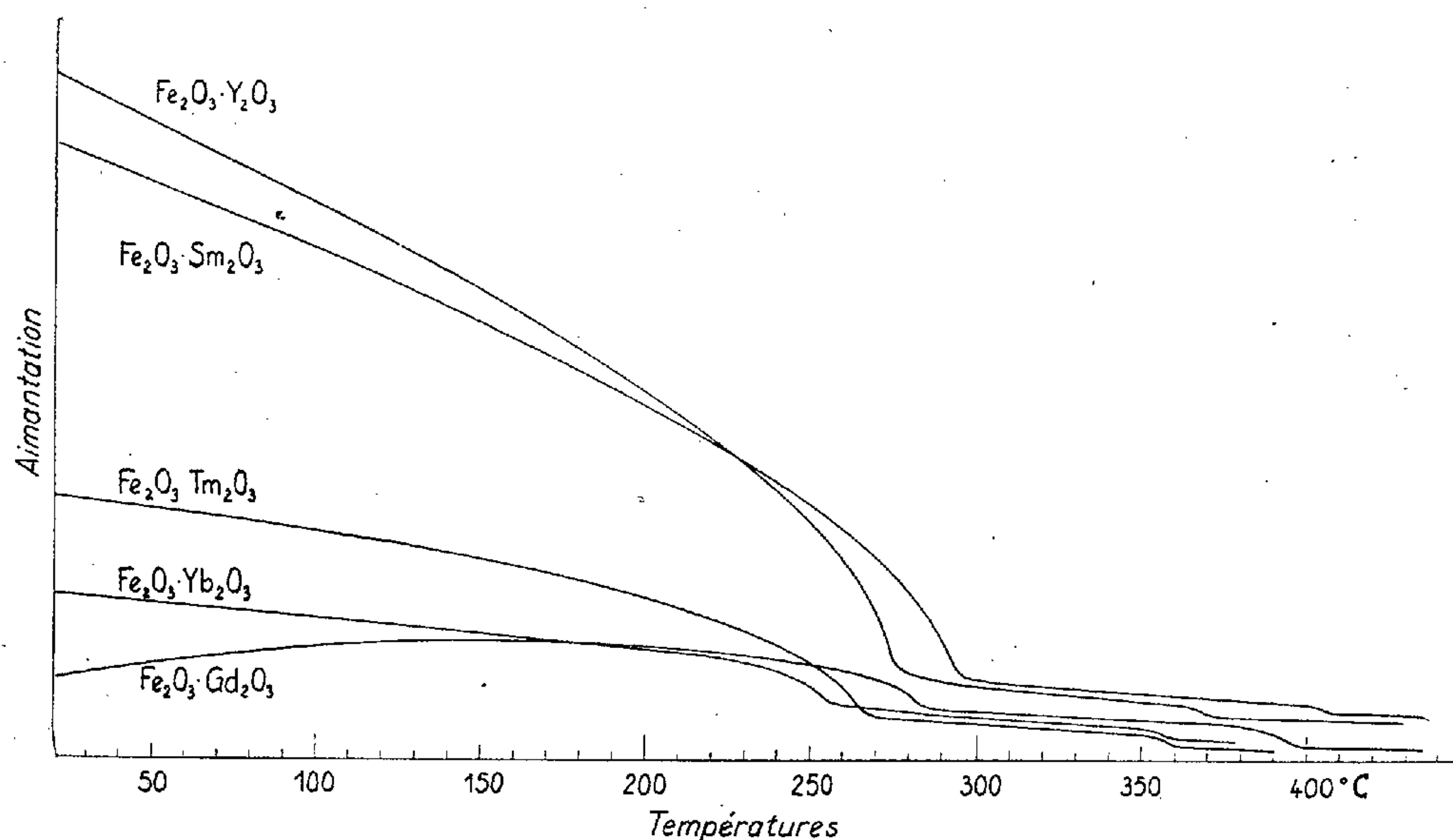
(1) *Comptes rendus*, **230**, 1950, p. 1844.

(2) G. Guiot-Guillain, *Comptes rendus*, **232**, 1951, p. 1832.

Fe_2O_3	Y_2O_3	275 et 370°C
	Sm_2O_3	295 » 405
	Gd_2O_3	285 » 395
	Tm_2O_3	265 » 360
	Yb_2O_3	255 » 355

(La température de 295°C indiquée pour le ferrite de samarium semble être plus précise que celle de 300° donnée précédemment; le point de Curie, à 255°, du ferrite d'ytterbium ne se confond pas avec celui du ferrite d'erbium qui se situe en fait à 260°.)

La pureté de nos produits excluant l'hypothèse de la formation d'un deuxième composé défini qui serait magnétiquement décelable, nous sommes placés devant le fait expérimental nouveau de combinaisons subissant, par variation de la température, deux transitions ferromagnétiques. Il ne serait



pas impossible qu'un tel fait entre dans le cadre de prévisions théoriques exposées récemment ([3]). Nous devons noter, toutefois, que les deux transitions n'apparaissent que pour des ferrites suffisamment recuits; l'élévation de la température de recuit permet d'observer d'abord la transition à point de Curie le plus bas, dans le cas des ferrites de samarium, de gadolinium et d'yttrium, et la transition à point de Curie le plus haut, dans le cas des ferrites de thulium et d'ytterbium.

Nous nous proposons de fournir une explication de l'existence des deux points de Curie, observés pour les cinq ferrites ci-dessus, en analysant leur structure cristalline qui, rappelons-le, *appartient à un même type*. Signalons,

([3]) L. Néel, *Colloque sur les changements de phase*, Paris, 2-7 juin 1952.

dès à présent, que les spectrogrammes X du ferrite de samarium (par exemple), effectués aux températures de 20, 325 et 430° C, n'indiquent aucun changement du réseau cristallin.

Une des interprétations qui nous paraît la plus plausible, serait d'attribuer cette double transformation à deux ordres ferromagnétiques appartenant, d'une part à l'ion Fe trivalent, d'autre part à l'ion terre rare trivalent.

Il semble donc que les dix composés ferromagnétiques nouveaux que nous avons mis en évidence, se divisent en 3 groupes dont l'un présente les caractères d'une structure à double point de Curie ferromagnétique.

CHIMIE THÉORIQUE. — *Remarques sur quelques notions de chimie théorique envisagées du point de vue géométrique.* Note (*) de M. **Raymond Daudel**, présentée par M. Louis de Broglie.

L'indiscernabilité des électrons d'une molécule et leur délocalisation n'ont pas permis de définir avec précision la notion de liaison chimique à partir d'un caractère électronique. Nous cherchons à insister ici sur le point de vue géométrique qui possède un support expérimental plus immédiat.

Étant donné l'indiscernabilité et la délocalisation des électrons d'une molécule, les définitions classiques de liaisons à un électron, deux électrons (covalence, coordinance), trois électrons, etc. n'ont pu être précisées avec une grande rigueur. En chimie théorique leurs définitions dépend du mode d'approximation utilisé dans les calculs. On n'a pu leur donner une définition directe à partir de l'équation d'onde. On pourrait noter une molécule en représentant la position des électrons qui correspond au maximum maximorum de sa fonction d'onde totale. On aurait peut-être là une voie d'accès vers des définitions rigoureuses. Il ne semble pas que cette voie ait été exploitée.

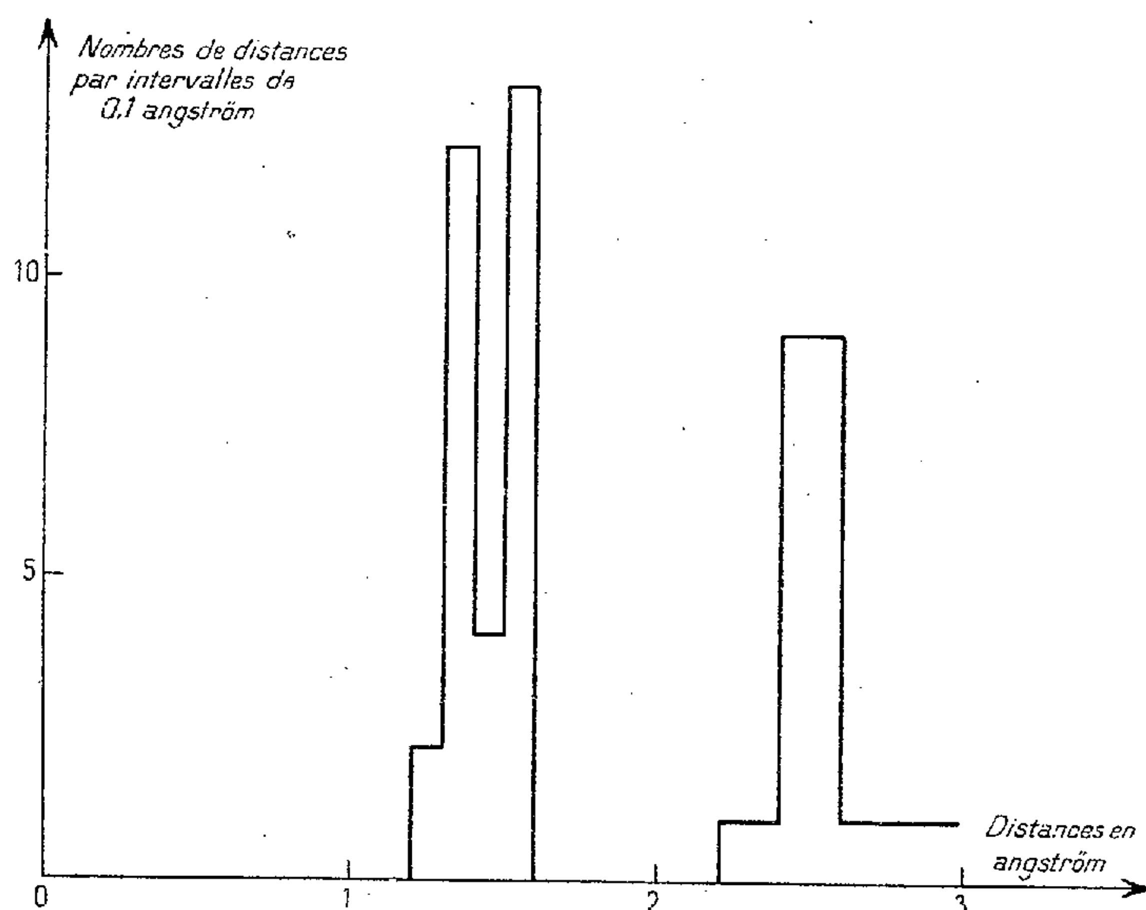
Nous devons de plus tenir compte du fait que la mésomérie a rendu fort complexe et assez fugace la notion même de liaison chimique qui reposait largement sur la notion de valence; le cas des liaisons multiples restant particulièrement embarrassant [1]. Nous chercherons donc à éviter ici l'emploi, à priori, de ces notions. Les grandeurs expérimentales géométriques caractérisant les molécules et qui nous paraissent les plus claires sont les distances moyennes séparant les noyaux dans un état d'énergie donné et les angles que forment les lignes qui joignent les positions moyennes desdits noyaux. Nous chercherons à n'utiliser que ces grandeurs.

Si l'on représente en fonction de la distance le nombre de fois que l'on rencontre cette distance (à un certain écart près) entre deux atomes de natures

(*) Séance du 30 juin 1952.

(1) C. Dufraisse, *La Mésomérie* (*La Revue d'Optique*, éditeur).

données (A et B), mais occupant des positions quelconques dans un grand nombre de molécules, on obtient une courbe qui présente généralement vers les courtes distances un premier maximum défini à 0,2 Å près. La courbe de la figure 1 montre le résultat d'une telle étude statistique dans le cas de deux atomes de carbone.



On peut appeler première distance probable entre A et B celle qui correspond à un tel maximum (à ±0,2 Å près) et dire que deux atomes d'une molécule sont *voisins* ou *forment une liaison* quand leur distance entre dans cet intervalle. (Nous excluons ainsi de la notion de liaison les liaisons « ineffectives » de la mésomérie). Le nom de *voisinage* d'un atome peut être donné à l'ensemble des atomes voisins de celui-ci ou à l'ensemble des liaisons qui le comprennent : l'ordre du voisinage étant le nombre des voisins.

Une courbe construite pour chaque ordre possible de voisinages et décrivant les angles apparaissant entre deux liaisons comme il a été fait dans le cas des distances met en évidence les types de voisinages les plus probables. Ceux-ci pour les ordres 2, 3 et 4, avec les angles qui les caractérisent et une rotation possible sont rassemblés dans le tableau ci-après (statistique sur 200 molécules).

Dans certains cas on peut avoir intérêt à désigner une liaison à l'aide des notations des voisinages de ses deux atomes. On est ainsi conduit à une notation naturelle. L'amplitude des variations des grandeurs associées à chacune des classes de liaison ainsi définies est plus faible que celle relative aux classes usuelles ([2]). Le méthylacétylène contient ainsi une liaison $C_{4t}C_{2p}$ et une liaison

([2]) O. Chalvet et R. Daudel, *Comptes rendus*, 229, 1949, p. 54.

$C_{2p}C_{2p}$. Le benzène contient des liaisons $C_{3p}C_{3p}$. Plus riche que le langage usuel, ces notations reposent sur des faits expérimentaux plus clairs.

	Angles en degrés.			
Ordre.	Angle le plus probable.	Domaine de variation.	Caractéristique.	Notation.
2	100	(88 à 115)	quasi droit	2 *d*
2	120	(120 à 128)	optu	2 *o*
2	180	–	plat	2 *p*
3	100	(96 à 115)	pyramidal	3 *y*
3	120	(107 à 130)	plan	3 *p*
3	60	–	pyramidal distordu	3 *y d*
3	90–135–150		plan distordu	3 *p d*
4	90	–	plan	4 *p*
4	110	(100 à 120)	tétraédrique	4 *t*
4	100–120	–	plan distordu	4 *p d*
4	60–120	–	tétraédrique distordu	4 *t d*

D'une façon analogue il y aurait lieu d'éviter l'emploi de la notion « d'électron localisé », contraire aux principes de la physique moderne. Il est, par contre, raisonnable de parler de perturbations plus ou moins localisées. Ainsi l'ionisation d'une molécule peut provoquer une modification plus ou moins localisée de la distribution électronique, mais cette perturbation est toujours due au départ d'un électron délocalisé. C'est l'existence de la délocalisation de certaines perturbations et non de certains électrons qui nous semble être caractéristique des systèmes « conjugués », qui du point de vue géométrique sont formés de noyaux voisins colinéaires ou coplanaires.

CHIMIE MINÉRALE. — *Sur les orthophosphates de cuivre. Étude du système* $P_2O_5 - OCu - OH_2$ *à* 60 *et* 18°. Note (*) de MM. **Henri Guérin** et **Henri Kozicki**, présentée par M. Paul Lebeau.

Le diagramme d'équilibre à 60° ne comporte que les trois sels : $P_2O_5.OCu.2\,OH_2$ (isolé pour la première fois), $P_2O_5.2\,OCu.3\,OH_2$ et $P_2O_5.4\,OCu.OH_2$.

La même étude à 18° s'est avérée particulièrement délicate par suite des phénomènes de faux équilibres que nons décrivons. Par action directe de l'acide phosphorique sur l'hydroxyde de cuivre, on peut obtenir un composé $3\,P_2O_5.8\,OCu.8\,OH_2$ métastable.

Aucune étude systématique des orthophosphates de cuivre n'a été faite jusqu'ici et, si les phosphates bicuprique et tétracuprique semblent bien définis, l'existence de l'orthophosphate tricuprique a donné lieu à diverses discussions. Certains travaux ont montré, en effet, que les essais tendant à

(*) Séance du 30 juin 1952.

préparer ce corps, par action directe de l'acide phosphorique sur le carbonate de cuivre à 60°, fournissent en réalité un sel dont la composition répond à celle d'un triphosphate octocuprique $3\ P_2O_5.8\ OCu.8\ OH_2$.

Nous nous sommes proposé d'établir le diagramme $P_2O_5-OCu-OH_2$ à 60° en préparant toute une série de mélanges de solutions d'acide phosphorique et d'hydroxyde de cuivre ou de phosphates bi ou tétracupriques jusqu'à l'obtention de l'équilibre.

La détermination de la composition des solutions obtenues et des solides en équibre avec celles-ci, soit par la méthode des restes, soit par l'analyse directe, nous a conduits aux conclusions suivantes :

L'orthophosphate de cuivre le plus acide est un *phosphate monocuprique* $P_2O_5.\ OCu.2OH_2$, composé vert clair, cristallisant en larges tables agissant sur la lumière polarisée. Ce sel, très hygroscopique, n'avait pas été décrit jusqu'ici. Il est stable au contact de solutions contenant plus de 59,2 % de P_2O_5 (3,6 % de OCu).

L'orthophosphate bicuprique $P_2O_5.2OCu.3OH_2$ a son domaine de stabilité compris entre cette limite et une solution caractérisée par 2,15 % de P_2O_5 (0,56 % de OCu). C'est un sel bleu, cristallisé en petits bâtonnets agissant sur la lumière polarisée.

Le phosphate tétracuprique $P_2O_5.4OCu.OH_2$, vert olive, cristallisé en longs prismes tronqués, actifs sur la lumière polarisée, est stable au contact de solutions renfermant moins de 2,15 % de P_2O_5 (0,56 % de OCu). Ce sel est le seul phosphate de cuivre non hydrolysable.

Si ces sels apparaissent comme les seuls constituants du diagramme d'équilibre, une étude systématique du mécanisme de l'action directe des solutions d'acide phosphorique sur l'hydroxyde de cuivre à 60° [1], conduite notamment en suivant la densité optique des solutions, nous a permis de montrer que lorsqu'on opère dans des conditions telles que la concentration de P_2O_5 ne dépasse pas 22 %, la solubilité initiale de l'hydroxyde de cuivre permet la précipitation d'une phase intermédiaire répondant à la composition : $3P_2O_5.8OCu.8OH_2$, plus soluble dans les solutions d'acide phosphorique que les composés stables.

Ce composé bleu verdâtre microcristallin se transforme au contact des solutions soit en phosphate bicuprique, soit en phosphate tétracuprique.

Par les essais effectués en vue d'établir le diagramme d'équilibre à la température ordinaire, nous avons pu caractériser les même sels. Toutefois, si le point de transition entre les phosphates mono et bicupriques a pu être déterminé : 1,87 % de OCu et 59,6 % de P_2O_5, celui correspondant aux

---

[1] Cette étude a fait l'objet d'une communication séparée en cours de publication au *Bulletin de la Société chimique*.

phosphates bi et tétracupriques n'a pu l'être du fait des phénomènes de faux équilibres suivants :

1° Le phosphate bicuprique est particulièrement inerte vis-à-vis de l'eau, l'hydrolyse étant généralement arrêtée lorsque le pH de la solution atteint 3,2 et le phosphate bicuprique restant en faux équilibre dans des solutions très diluées en P_2O_5.

2° Le phosphate tétracuprique présente une inertie analogue vis-à-vis de son acidification par des solutions d'acide phosphorique dont la concentration est inférieure à 9,5 % de P_2O_5.

3° L'action directe des solutions d'acide phosphorique sur l'hydroxyde de cuivre fournit comme à 60° le composé $3P_2O_5.8\,OCu.8\,OH_2$, mais à la température ordinaire ce composé ne se transforme plus comme précédemment et persiste à l'état métastable : son domaine recouvre alors les limites des domaines de stabilité des phosphates bi et tétracupriques.

Il en résulte que la stabilité, entre certaines limites étroites, d'un phosphate tricuprique, à la température ordinaire, n'est pas exclue à priori. Il convient cependant de signaler qu'il n'a pu être caractérisé même à l'état de composé intermédiaire dans aucune des transformations conduisant d'une espèce définie à une autre et qu'en tout état de cause il ne semble pouvoir être préparé par voie directe.

En résumé, nous avons caractérisé les sels suivants : le phosphate monocuprique : $P_2O_5.OCu.2\,OH_2$; le phosphate bicuprique : $P_2O_5.2\,OCu.3OH_2$; le phosphate tétracuprique : $P_2O_5.4OCu.OH_2$, seuls constituants stables du diagramme à 60°.

Le composé $3P_2O_5.8OCu.8OH_2$, décrit par de nombreux auteurs, est métastable.

Le phosphate tricuprique n'a pu être préparé par voie directe ni à la température ordinaire, ni à 60°.

CHIMIE ORGANIQUE. — *Spectres d'absorption et structure des composés aminoazoïques. I. Les trois aminoazobenzènes isomériques et leurs sels monoacides.* Note (*) de M. **Modeste Martynoff**, présentée par M. Marcel Delépine.

Etude spectrale quantitative des *o*, *m* et *p*-aminoazobenzènes. Dans l'alcool neutre ces substances ont la forme azoïque. Dans l'alcool chlorhydrique les monosels des isomères *m* et *o* ont également la structure azoïque. La solution acide du *p*-aminoazobenzène contient une proportion notable de forme quinonique. Le spectre de l'azobenzène a été déterminé également dans SO_4H_2 concentré.

Le problème de la constitution des composés aminoazoïques a retenu depuis longtemps l'attention des chimistes. Déjà les premières recherches

(*) Séance du 30 juin 1952.

avaient mis en évidence le caractère tautomérique de ces substances et fait envisager la possibilité d'un équilibre entre les deux formes azoïque (I) et quinonique (II) :



$$\underset{(I)}{H_2N-C_6H_4-N=N-C_6H_5}, \qquad \underset{(II)}{HN=C_6H_4=N-NH-C_6H_5}.$$

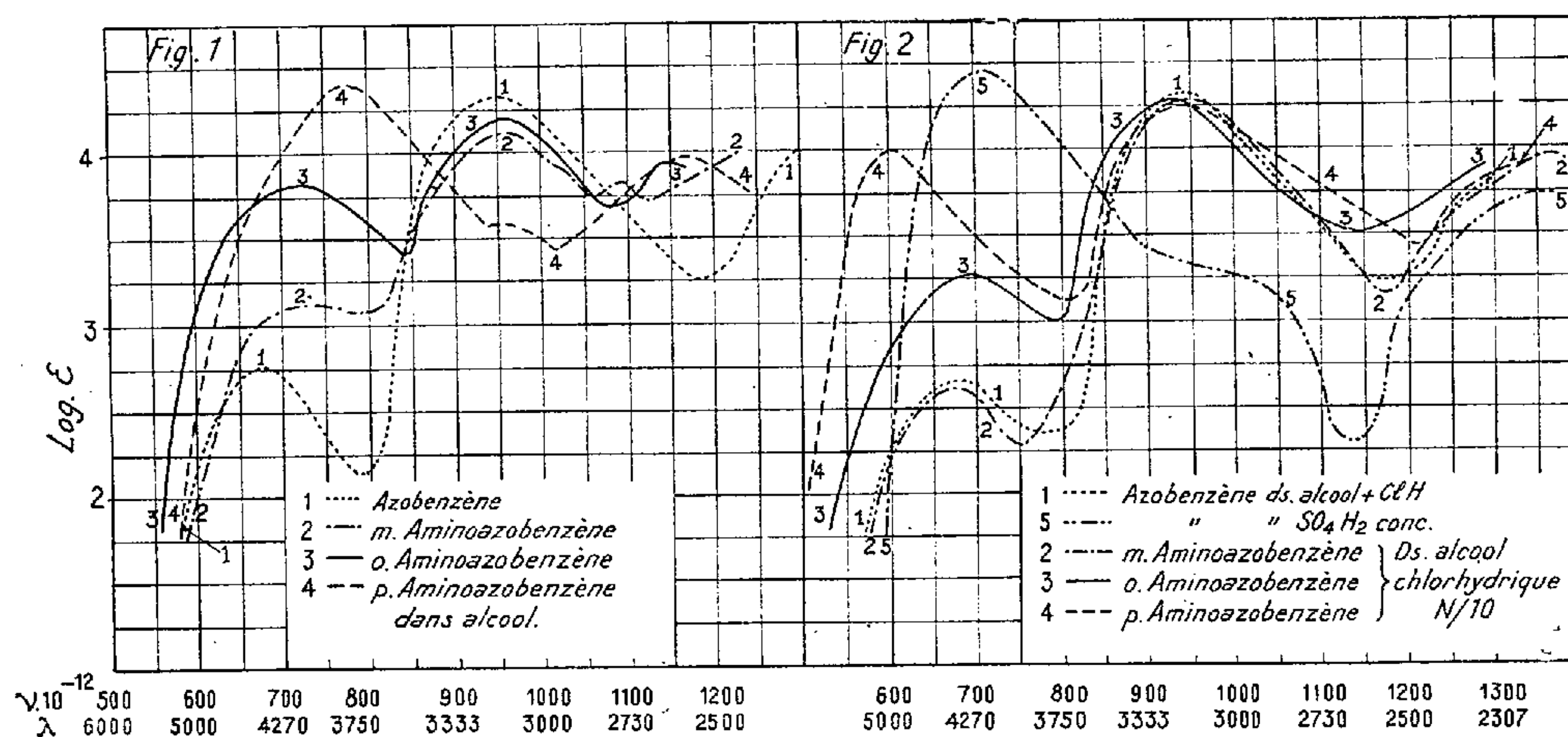
De même que ces études chimiques, les premières mesures spectrales qualitatives eurent pour but de préciser les variations de l'équilibre selon la constitution des colorants et le milieu, mais elles aboutirent pour la plupart à des résultats contradictoires en ce qui concerne les formules à attribuer dans tel ou tel cas. Les recherches spectrales quantitatives systématiques ne semblent pas avoir été entreprises et les expériences isolées et fragmentaires n'ont permis aucune conclusion générale.

Cette première Note est consacrée à une étude quantitative de l'absorption des trois aminoazobenzènes isomériques. Les mesures ont été effectuées, soit dans l'alcool neutre soit dans l'alcool chlorhydrique, les concentrations en aminoazoïques étant de N/2 000 et celle en acide de N/10.

Milieu neutre (*fig.* 1). *Influence exercée par l'introduction d'un groupe aminé dans la molécule de l'azobenzène. Structure des trois aminoazobenzènes isomères de position.* — La solution alcoolique de l'azobenzène (courbe 1) présente deux bandes dont l'une se situe dans le violet visible (bande A) et l'autre, plus intense, dans l'ultraviolet (bande B). L'introduction d'un groupe aminé se traduit par une forte augmentation de l'intensité de la bande A, une diminution notable de l'intensité de la bande B et un léger effet hypsochrome affectant l'ensemble de l'absorption. Ces altérations spectrales, peu importantes pour l'isomère *méta* (courbe 2), s'accentuent pour l'isomère *ortho* (courbe 3) et deviennent très accusées pour le dérivé *para* (courbe 4) pour lequel le rapport des intensités des deux bandes est renversé et l'effet hypsochrome très notable. Malgré les différences observées, on peut affirmer avec certitude que *les trois aminoazobenzènes se trouvent, en solution alcoolique neutre exclusivement sous la forme azoïque* (I). En effet, en ce qui concerne les isomères *méta* et *ortho*, les maxima de leurs bandes A et B occupent sensiblement les mêmes positions que ceux de l'azobenzène. De plus, les dérivés *para* et *méta* dialcoylaminés (le manque de place n'a pas permis de reproduire ici leurs courbes) pour lesquels on ne peut envisager une structure quinonine, ont, au faible effet des alcolyles près, la même absorption que les aminoazobenzènes correspondants. Dès lors, les variations spectrales illustrées par la figure 1 doivent être attribuées exclusivement au couplage plus ou moins intense qui s'exerce entre la fonction amine et le reste de la molécule, couplage qui s'accroît dans l'ordre *méta*, *ortho*, *para*.

Milieu acide (*fig.* 2). *Influence de la salification. Structure des sels mono-*

acides des aminoazobenzènes. — Conformément aux observations antérieures, l'absorption de l'azobenzène change à peine quand on passe de la solution neutre à la solution acide diluée (courbe 1). Le spectre de son sel monoacide n'apparaît qu'en milieu acide concentré et présente dans la région visible une bande très intense occupant sensiblement la position de la bande A (courbe 5).



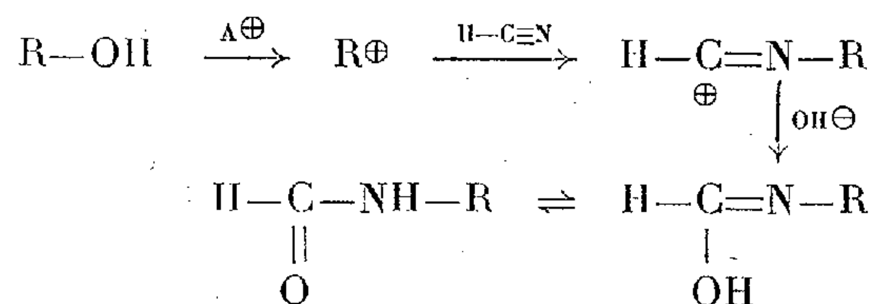
D'autre part, on sait que la salification d'une fonction amine liée à un chromophore a souvent pour effet une « neutralisation » optique de cette fonction et se traduit dans l'absorption du sel par une suppression du couplage. C'est ainsi que le spectre de l'aniline en solution acide est très voisin de celui du benzène. Le même phénomène s'observe avec le *m*-aminoazobenzène dont le spectre en milieu acide (courbe 2) est presque identique à celui de l'azobenzène. Cette constatation prouve la structure azoïque de ce sel (certains auteurs font encore état des formules métaquinoniques) et montre en même temps que c'est bien le groupe NH_2 qui fixe la molécule d'acide. L'exemple de l'azobenzène montre d'ailleurs que la fixation de l'acide sur l'un des atomes de N du groupe N = N produit un effet spectral totalement différent. En ce qui concerne l'*o*-aminoazobenzène, il se comporte de même manière que l'isomère *méta* avec cette différence toutefois que, du fait de la dissociation du sel, la suppression totale du couplage n'est atteinte que pour une concentration en acide plus élevée. L'intensité de sa bande A décroît au fur et à mesure qu'augmente la concentration en acide et tend vers la valeur de log ε propre à l'azobenzène. Dans l'alcool chlorhydrique N/10 (courbe 3) la dissociation est encore très appréciable. Enfin l'acidification de la solution alcoolique du *p*-aminoazobenzène provoque un changement très important dans la partie visible du spectre : la bande A disparaît pour faire place à une

nouvelle bande indiquant la présence d'une nouvelle forme (courbe 4). Cette solution contient, selon toute vraisemblance, une quantité notable de sel quinonique.

CHIMIE ORGANIQUE. — *Réactions de réarrangement moléculaire dans la préparation d'amines à partir d'alcools alicycliques.* Note (*) de MM. **Max Mousseron**, **Robert Jacquier** et **Henri Christol**, présentée par M. Marcel Delépine.

La formation d'amines par action du cyanure de potassium et de l'acide sulfurique sur les alcools s'accompagne en série alicyclique de réactions de déplacement et de réarrangement moléculaire, qui fournissent des indications sur les stabilités relatives de différents ions carboniums.

Ritter et collaborateurs (1) ont montré qu'en traitant un alcool par du cyanure de potassium en présence d'acide sulfurique, on isole le dérivé formylé d'une amine. Le mécanisme est vraisemblablement le suivant :



Le réarrangement, en milieu acide, du carbonium transitoire R⊕ en un ion carbonium plus stable, permet d'expliquer les réactions de transposition que nous avons observées.

Mode opératoire : 30 cm³ de SO_4H_2 concentré sont ajoutés goutte à goutte avec agitation dans une solution de 0,1 mole de cyclanol dans 50 cm³ d'oxyde de butyle contenant en suspension 0,2 mole de CNK; la température est constamment maintenue entre 40 et 45°; l'addition terminée, on agite encore une heure, verse sur de la glace pilée, alcalinise et extrait à l'éther. Après élimination des solvants, le dérivé formylé brut est hydrolysé par chauffage 2 heures avec deux fois son poids ClH concentré. L'amine primaire ainsi isolée est éventuellement transformée en amine N-diméthylée par HCHO + HCO_2H [*cf.* (2)].

Le cyclohexanol conduit à l'aminocyclohexane (Rdt 40 %), dérivé benzoylé F 149°, et le cyclopentanol à l'aminocyclopentane (Rdt 25 %), dérivé benzoylé F 158-159° (3).

(*) Séance du 30 juin 1952.

(1) *J. Am. Chem. Soc.*, **70**, 1948, p. 4045 et 4048.

(2) Mousseron, Jacquier et Zagdoun, *Bull. Soc. Chim.*, **19**, 1952, p. 197.

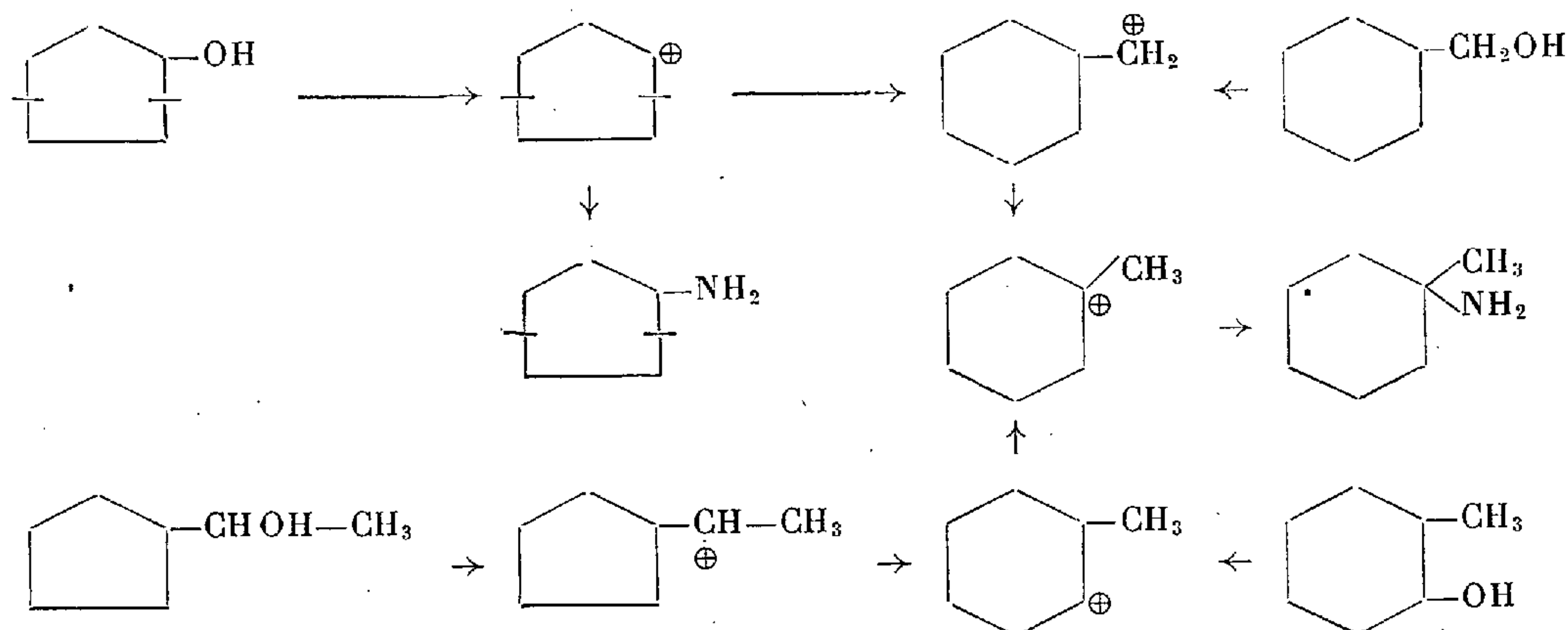
(3) Nightingale et Maienthal, *J. Am. Chem. Soc.*, **72**, 1950, p. 4823.

Le méthyl-1 cyclohexanol donne le méthyl-1 amino-1 cyclohexane (Rdt 60 %), dérivé benzoylé F 100-101° (4), amine N-diméthylée picrate F 229-230°. La même amine est encore obtenue : 1° à partir du méthylol-cyclohexane (Rdt 5 %); 2° à partir du méthyl-2 cyclohexanol (mélange de cis et trans) (Rdt 35 %); 3° à partir du méthyl-4 cyclohexanol (cis + trans) (Rdt 5-10 %); 4° à partir des méthyl-3 cyclohexanols cis et trans (Rdt 35 %). Dans ce dernier cas, et quelle que soit la configuration de l'alcool initial, on isole également une faible quantité de l'un des méthyl-3 amino-1 cyclohexanes diastéréoisomères, identifié par le picrate F 179° de l'amine N-diméthylée correspondante (2).

L'éthyl-1 cyclohexanol et l'éthyl-2 cyclohexanol donnent tous deux naissance à l'éthyl-1 amino-1 cyclohexane, amine N-diméthylée picrate F 216-217°, picrolonate F 181-182°. De même, le méthyl-1 cyclopentanol et le méthyl-2 cyclopentanol conduisent au méthyl-1 amino-1 cyclopentane, dérivé *p*-nitrobenzoylé F 111-112° (5), amine N-diméthylée picrate F 250-253° déc.

Les réactions de déplacement précédentes sont parallèles à celles observées dans la condensation acido-catalysée des carbures aromatiques sur les méthyl-cyclohexènes et les méthylcyclohexanols (6), (7).

Elles s'accompagnent parfois de réarrangements moléculaires. Le cycloheptanol conduit ainsi (Rdt 35 %) à un mélange de méthyl-1 amino-1 cyclohexane (prédominant) et d'aminocycloheptane (amine N-diméthylée picrate F 184°).



De même, le méthylcyclopentylcarbinol donne le méthyl-1 amino-1 cyclohexane, avec augmentation de cycle (Rdt 45 %). Par contre, il y a uniquement réaction de déplacement dans le cas du méthylcyclohexylcarbinol, avec formation d'éthyl-1 amino-1 cyclohexane (Rdt 30 %).

(4) GUTT, *Ber. deutsch. chem. Ges.*, 40, 1907, p. 2070.
(5) LUTZ, BEARSE, LÉONARD et CROXTON, *J. Am. Chem. Soc.*, 70, 1948, p. 4137.
(6) PINES, STREHLAU et IPATIEFF, *J. Am. Chem. Soc.*, 71, 1949, p. 3534.
(7) IPATIEFF, APPELL et PINES, *J. Am. Chem. Soc.*, 72, 1950, p. 4260.

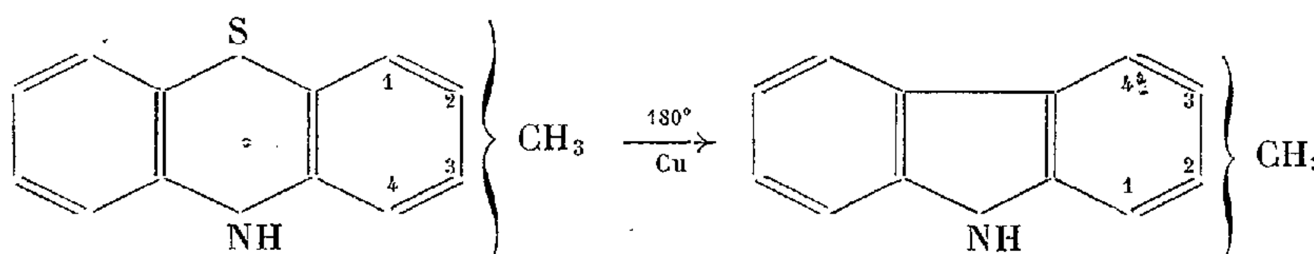
Enfin, le diméthyl-2.2 cyclohexanol est uniquement transformé en diméthyl-1.2 amino-1 cyclohexane (amine N-diméthylée picrate F 217-218°, picrolonate F. 169-170°), également obtenu par action de $CNK + SO_4H_2$ sur le diméthyl-1.2 cyclohexanol. Ce réarrangement par migration du méthyle est comparable à celui que l'on observe dans la déshydratation du diméthyl-2.2 cyclohexanol ([8]).

CHIMIE ORGANIQUE. — *Recherches sur les diméthylaminopropyl-N phénothiazines substituées.* Note (*) de MM. **Paul Charpentier, Paul Gailliot, Robert Jacob, Jacques Gaudechon** et **Paul Buisson**, présentée par M. Marcel Delépine.

Lorsque, dans la synthèse de la phénothiazine par condensation du soufre avec la diphénylamine en présence d'iode, on remplace cette base par l'un de ses dérivés ortho-substitués dans le noyau, on obtient généralement deux phénothiazines isomères, le radical ou l'atome substituant se trouvant en position 1 dans l'une et en position 3 dans l'autre.

En soumettant par exemple à une extraction au benzène, le produit de la condensation à 180° de la méthyl-3 diphénylamine avec un léger excès de soufre, en présence d'environ 1 % d'iode, on isole deux méthylphénothiazines : l'une, qui fond à 187-188° et qui constitue le produit principal, est la *méthyl-3 phénothiazine* (S % trouvé 15,02; S % calculé 15,00), l'autre fondant à 114-115° est la *méthyl-1 phénothiazine* (S % trouvé 14,90).

La structure de ces deux composés a été déduite de leur transformation en méthylcarbazoles par chauffage à 180° avec trois fois leur poids de cuivre porphyrisé : dans ces conditions, les deux bases précédentes conduisent respectivement au méthyl-2 carbazole (F 256°, picrate, F 166°,5) ([1]) et au méthyl-4 carbazole (F 115°, picrate, F 160-161°) ([2]) facilement identifiés par comparaison avec des échantillons de structure indiscutable



En remplaçant dans la réaction indiquée plus haut la méthyl-3 diphénylamine par la chloro-3 diphénylamine, on a obtenu également deux isomères

([8]) Meerwein et Probst, *Ann. Chem.*, 405, 1914, p. 142.

(*) Séance du 30 juin 1952.

([1]) Borsche, *Lieb. Ann.*, 359, 1908, p. 75.

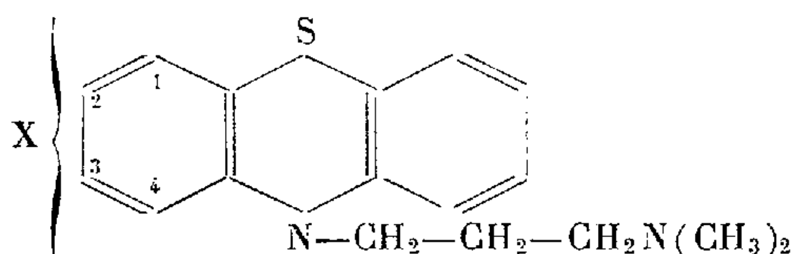
([2]) Pausacker et Robinson, *J. Chem. Soc. London*, 1947, p. 1557.

que, par analogie avec ce qui précède, on a identifiés avec la *chloro-3 phénothiazine* (F 196-197°; S % trouvé 13,45; S % calculé 13,70) et la *chloro-1 phénothiazine* (F 116°; S % trouvé 13,75).

Dans le cas de la méthoxy-3 diphénylamine, nous n'avons pu isoler qu'un seul des deux isomères possibles, et que nous pensons être la *méthoxy-3 phénothiazine* (F 179-180°; S % trouvé 13,90; S % calculé 13,97).

Au cours de recherches antérieures, nous avons montré que la condensation, en présence d'amidure de sodium, de la phénothiazine avec les amines halogénées-1.2 ou 1.3, conduisait à des amino-alcoyl-N phénothiazines dont plusieurs présentent d'intéressantes propriétés pharmacologiques (brométhazine, diéthazine, fénéthazine, isothazine, etc. (3), (4), (5).

En condensant de la même façon le diméthylamino-1 chloro-3 propane avec les phénothiazines substituées précédentes, nous avons obtenu une série de nouveaux composés répondant à la formule générale suivante :



Ces bases nous ont donné des sels bien cristallisés, dont les constantes sont rassemblées dans le tableau ci-dessous :

X.				N %		S %		Cl %	
Nature.	Position.	Sel.	F (°C).	tr.	calc.	tr.	calc.	tr.	calc.
CH_3	1	oxalate acide	195–196	7,29	7,21	8,05	8,24	–	–
»	»	picrate	141–142	13,30	13,28	6,15	6,07	–	–
»	3	chlorhydrate	194	8,40	8,38	9,55	9,56	10,25	10,61
»	»	picrate	143	13,40	13,28	6,05	6,07	–	–
Cl	1	chlorhydrate	169–170	7,96	7,88	9,05	9,01	19,95	20,00
»	»	picrate	142–143	12,60	12,70	5,75	5,84	6,55	6,48
»	3 (*)	chlorhydr. (*)	179–180	7,85	7,88	9,25	9,01	20,20	20,00
»	1	picrate	171–172	12,70	12,78	5,80	5,84	6,40	6,48
CH_3O	3	oxalate acide	178–179	6,95	6,93	7,95	7,92	–	–
»	»	maléate acide	140–141	6,60	6,51	7,10	7,44	–	–
»	»	picrate	141–142	12,40	12,89	5,85	5,89	–	–

(*) Nom générique proposé : Chloropromazine.

Ces composés possèdent des propriétés pharmacodynamiques très particulières, et qui seront exposées dans un autre Mémoire.

(3) P. Charpentier, *Comptes rendus*, **225**, 1947, p. 306.

(4) P. Charpentier et R. Ducrot, *Comptes rendus*, **232**, 1951, p. 415.

(5) P. Charpentier, P. Gailliot et J. Gaudechon, *Comptes rendus*, **232**, 1951, p. 2232.

CHIMIE ORGANIQUE. — *Action du brome sur la β-dichloracroléine.* Note (*) de M. et Mme **Émile Levas**, présentée par M. Marcel Delépine.

A la lumière directe du Soleil ou d'une lampe à vapeur de mercure et vers 50° le brome réagit rapidement sur la β-dichloracroléine pour donner le bromure d'acide $CCl_2=CH-COBr$. Par contre, à l'obscurité ou en lumière rouge et en atmosphère d'azote, on obtient l'aldéhyde $CCl_2Br-CHBr-CHO$. Dans d'autres conditions opératoires, on obtient un mélange renfermant en proportions variables les deux dérivés précédents.

Désirant préparer le dérivé $CCl_2Br-CHBr-CHO$, nous avons étudié l'action du brome sur la β-dichloracroléine $CCl_2=CH-CHO$ obtenue par hydrolyse du produit de condensation de CCl_4 avec le *n*-butoxyéthylène en présence de peroxyde de benzoyle [1].

Nos premiers essais nous ont donné non seulement le dérivé attendu, mais également le bromure de dichloracrylyle $CCl_2=CH-COBr$. Les rendements obtenus en ces deux dérivés étant très variables, nous avons entrepris une étude systématique de cette réaction qui nous a montré que les rendements en dérivés de substitution et d'addition dépendaient de l'éclairement, de la température, de la présence ou de l'absence d'une trace d'eau et de la présence ou de l'absence de l'oxygène de l'air. Nos résultats peuvent se résumer de la façon suivante :

1° Si l'on additionne du brome à une solution d'aldéhyde dans CCl_4 chauffée initialement vers 50° et exposée au Soleil ou à la lumière d'une lampe à vapeur de mercure *on obtient* après une réaction quasi instantanée et exothermique, *le bromure d'acide avec un très bon rendement* (69 à 74 %) *et sensiblement pas de dérivé d'addition;*

2° Si l'on maintient vers 50°, à l'obscurité ou à la lumière d'une ampoule inactinique rouge et en absence d'air (en atmosphère d'azote), une solution de brome et d'aldéhyde dans CCl_4 *on obtient* après une réaction beaucoup plus lente que la précédente, *un très bon rendement* (75 *à* 78 %) *en produit d'addition et sensiblement pas de bromure d'acide*;

3° Si l'on s'écarte des conditions opératoires précédentes, on obtient un mélange renfermant des proportions variables de bromure d'acide et de dérivé d'addition. En lumière blanche diffuse, le rendement en bromure d'acide, toutes conditions égales, s'améliore si l'on fait barboter dans le mélange un courant d'air ou si l'on ajoute le brome goutte à goutte en agitant fortement;

(*) Séance du 30 juin 1952.

(1) M. et Mme Levas, *Comptes rendus*, 230, 1950, p. 1669 et 232, 1951, p. 521 ; nous avons pu récemment faire passer le rendement de cette préparation de 32-40 à 62-63 %. (Communication à la section lilloise de la Société chimique de France du 28 mai 1952).

il diminue (et corrélativement le rendement en produit d'addition augmente) si le mélange réactionnel renferme une trace d'eau (par exemple quelques milligrammes par gramme d'aldéhyde). Les rendements dépendent également de l'éclairement du laboratoire (temps clair ou couvert).

Voici quelques résultats obtenus en faisant agir sur une solution de 5 g environ de β-dichloracroléine (séchée sur P_2O_5 et redistillée) dans 45 cm³ de CCl_4 pur distillé sur P_2O_5, du brome bien sec pris en quantité sensiblement équimoléculaire.

	Conditions opératoires.	Temps de décoloration du mélange.	Rendement (%) en bromure d'acide.	Rendement (%) en produit d'addition.
I.	Lumière solaire directe ou lumière d'une lampe à vapeur de mercure de 330 W placée à 10 cm du ballon (pyrex). Solution d'aldéhyde chauffée vers 50° avant l'addition du brome..........	quelques secondes	69 à 74	0
II.	Conditions identiques à I, la solution d'aldéhyde étant initialement à température ordinaire................	quelques minutes	33 à 55	0 à 41
III.	Obscurité ou lumière rouge; chauffage du mélange vers 50° ([a])...........	> 1 h 30	28 à 40 ([b])	32 à 50 ([b])
IV.	Lumière blanche diffuse; chauffage du mélange vers 50° ([c])...............	25 mn à plusieurs heures	20 à 42 ([b])	26 à 63 ([b])
V.	Conditions identiques à IV, le mélange renfermant une trace d'eau (20 à 30 mg).....................	> 1 h 30	0 à 18 ([b])	54 à 78 ([b])
VI.	Conditions identiques à III, l'air du ballon ayant été remplacé par de l'azote..........................	> 1 h 30	0	75 à 78 ([b])

([a]) Réaction plus rapide (15 à 30 mn), si l'on fait barboter un léger courant d'air dans le mélange; la présence d'un peu d'eau ou de ClH ne modifie sensiblement pas les rendements.

([b]) Après 1 h 30 de chauffage.

([c]) Les meilleurs rendements en bromure d'acide (35 à 42 %) furent obtenus en additionnant goutte à goutte (en 30 mn environ) et en agitant fortement le brome dissous dans une fraction des 45 cm³ de CCl_4 à la solution chaude d'aldéhyde.

Caractéristiques des produits obtenus. — 1° $CCl_2{=}CH{-}COBr$ liquide incolore, irritant, $É_{15,5}$ 57,5-58°,5; $É_{760}$ 164-166° (légère décomposition); d_4^{16} 1,877; n_D^{16} 1,5680; dérivés : $CCl_2{=}CH{-}CO_2H$, F 75,5-76°,5; $CCl_2{=}CH{-}CONH_2$ F ($CHCl_3$) 111-112°; $CCl_2{=}CH{-}COOC_2H_5$, $É_{16}$ 63-64°; $d_4^{17,5}$ 1,283; $n_D^{17,5}$ 1,4749.

2° $CCl_2Br{-}CHBr{-}CHO$ liquide incolore se colorant rapidement en jaune, peu stable, se décomposant légèrement au cours de la distillation, $É_{16}$ 92-94°; d_4^{20} 2,16 à 2,19 et n_D^{20} 1,559 à 1,563 suivant les essais; donne une combinaison bisulfitique solide, réduit les liqueurs de Fehling et de Bénédict

et recolore le réactif de Schiff; analyse : ClAg+BrAg trouvé 98,55 % de la théorie pour $C_3H_2OCl_2Br_2$.

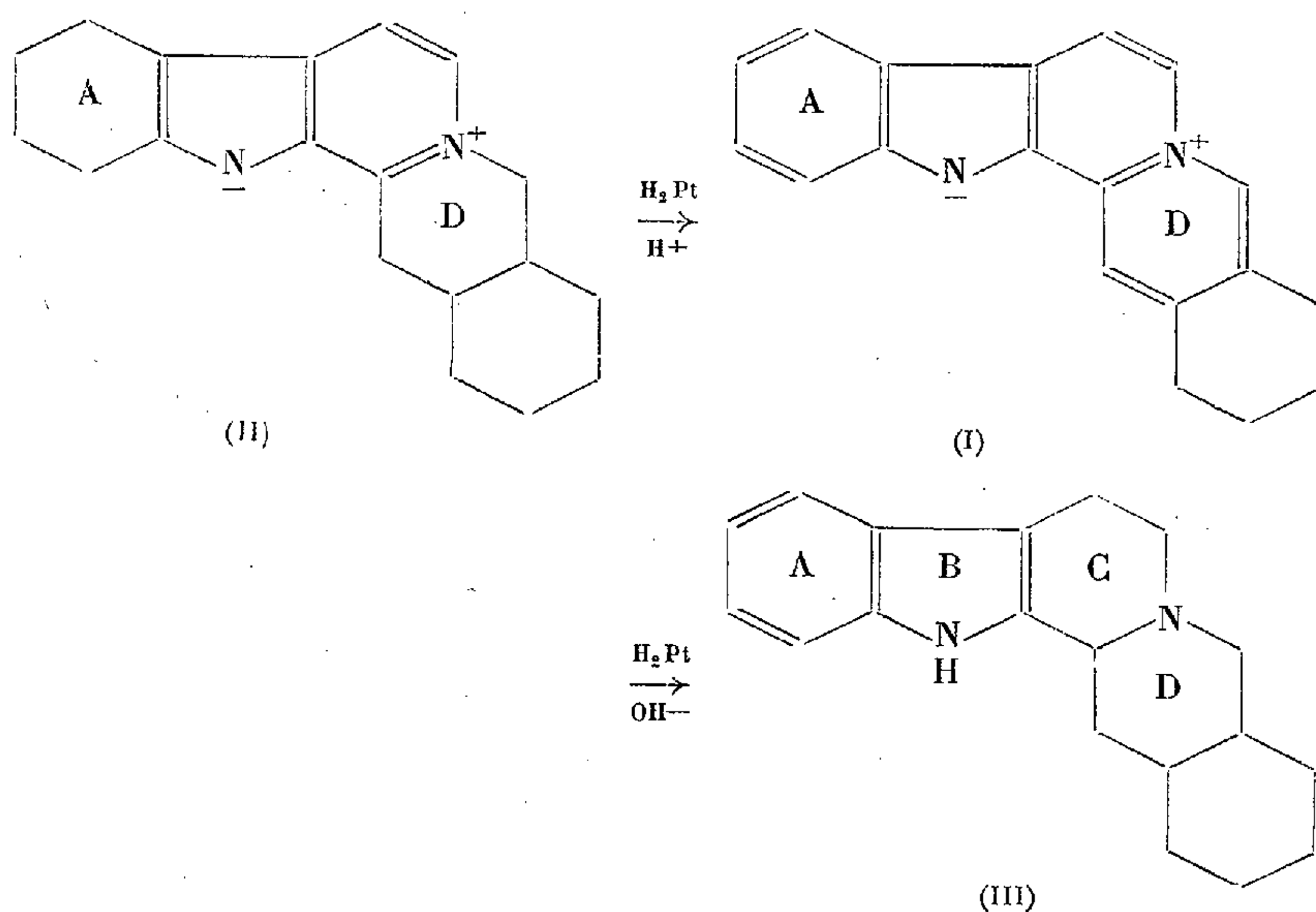
L'étude des propriétés chimiques de cet aldéhyde fera l'objet d'une prochaine Note.

CHIMIE ORGANIQUE. — *Passage de la sempervirine à l'alloyohimbane.* Note (*) de MM. **Alain Le Hir, Robert Goutarel** et **Maurice-Marie Janot**, présentée par M. Marcel Delépine.

La sempervirine hydrogénée en solution alcoolique à pH $\geqq$ 10 en présence de platine Adams conduit à un alloyohimbane racémique qui a été dédoublé en un corps lévogyre identique à l'alloyohimbane préparé à partir de l'α ou de l'alloyohimbine, et en une fraction dextrogyre dont l'étude est poursuivie.

La nature pentacyclique de la sempervirine a été démontrée par deux d'entre nous avec Prelog [1], [2], l'obtention de yobyrine et de tétrahydroyobyrine permettant de montrer sa parenté avec les alcaloïdes de la série yohimbique. Sa formule définitive (I) a été établie par Woodward et Witkop [3] et confirmée par synthèse [4].

Les essais d'hydrogénation avaient conduit Schwarz et Schlittler [5] à l'obtention d'une octahydrosempervirine (II) hydrogénée dans les cycles A et D.



(*) Séance du 30 juin 1952.

(1) R. Goutarel, M.-M. Janot et V. Prelog, *Experientia*, 4, 1948, p. 24.

(2) V. Prelog, *Helv. Chim. Acta*, 31, 1948, p. 588.

(3) *J. Amer. Chem. Soc.*, 71, 1949, p. 379.

(4) R. B. Woodward et Mac Lamore, *J. Amer. Chem. Soc.*, 71, 1949, p. 379.

(5) *Helv. Chem. Acta*, 34, 1951, p. 629.

En utilisant la méthode d'hydrogénation récemment décrite par Elderfield et Gray (6) à propos de l'alstonine, nous avons pu obtenir par hydrogénation de la sempervirine, en solution alcoolique à pH $\geqq$ 10, en présence de platine Adams (pression 35 kg), un dérivé incolore, cristallisé, auquel nous donnons le nom d'*alloyohimbane racémique* (III), F 134° (trouvé %, C 81,2; H 8,6; N 10,0; calculé % pour $C_{19}H_{24}N_2$, C 81,38; H 8,63; N 9,99).

Ce corps présente un spectre ultraviolet identique à celui du yohimbane, ce qui indique qu'il comporte le chromophore indolique des cycles A et B : λ mμ 227, logε 4,53; λ mμ 281, logε 4,01, c'est-à-dire qu'il est hydrogéné dans les cycles C et D.

Cet alloyohimbane racémique a été dédoublé par l'acide *l*-tartrique. On obtient un *l*-tartrate acide insoluble dans le méthanol présentant les mêmes constantes F 200° (dec.), $(\alpha)_D$ — 121° (py) que le *l*-tartrate acide d'alloyohimbane préparé par l'un de nous (7).

La base correspondante F 159-160°; $(\alpha)_D$ — 170 $\pm$ 4° (py) est identique à l'alloyohimbane lévogyre d'origine naturelle (7) (trouvé %, C 81,36; H 8,68; N 10,36; calculé % pour $C_{19}H_{24}N_2$, C 81,38; H 8,63; N 9,99).

Cette identité est confirmée par la superposition des spectres infrarouges des deux bases.

Des eaux mères on retire une base dextrogyre dont le pouvoir rotatoire $(\alpha)_D$ + 120° (py) indique qu'il s'agit d'un mélange, dont nous poursuivons l'étude.

L'obtention de dérivés de la série de l'alloyohimbine par hydrogénation de la sempervirine montre que cette méthode conduit à des dérivés de la *cis*-décahydroisoquinoléine, alors que l'on sait (8) (9) que la yohimbine correspond à une *trans*-décahydroisoquinoléine.

La synthèse de la sempervirine ayant été réalisée (4), cette technique constitue une synthèse totale de l'alloyohimbane.

CHIMIE ORGANIQUE. — *Action de la cyanamide sur les thiamides et la thiourée*. Note de M. **Pierre Chabrier**, Mlle **Simone-Hélène Renard** et M. **Edgard Renier**, présentée par M. Marcel Delépine.

Par action des thiamides ou de la thiourée sur la cyanamide en présence d'acides minéraux, on obtient les sels de la thiodiformamidine.

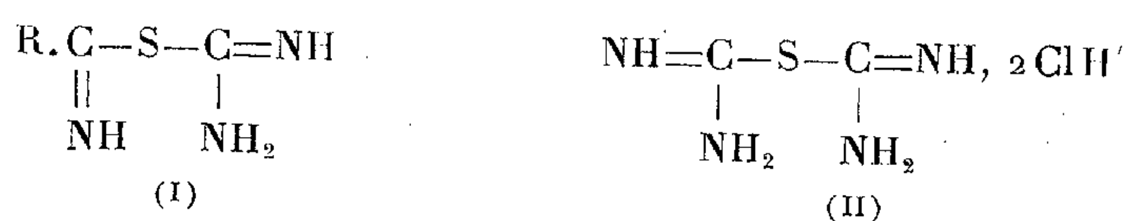
Si l'on chauffe en milieu alcoolique pendant 24 h au R. A, parties équimoléculaires d'un thiamide primaire tel le thiobenzamide, le thiobenzylamide, le

(6) *J. Org. Chem.*, 16, 1951, p. 506.
(7) A. Le Hir, *Comptes rendus*, 234, 1952, p. 2613.
(8) B. Witkop, *J. Amer. Chem. Soc.*, 71, 1949, p. 2559.
(9) V. Prelog, M.-M. Janot, R. Goutarel, A. Le Hir et M. Amin (sous presse).

thionicotamide, etc., et de cyanamide, on obtient avec d'excellents rendements, la thiourée qui précipite par refroidissement; la solution alcoolique renferme le nitrile correspondant au thiamide engagé. La réaction s'effectue selon l'équation $R.CS.NH_2 + CN.NH_2 \rightarrow R.CN + NH_2CS.NH_2$. Traités dans les mêmes conditions, les amides ne réagissent pas.

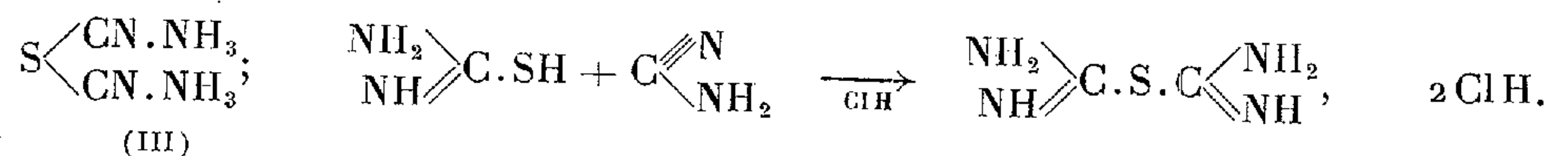
Le thiamide est utilisé dans cette réaction comme générateur d'hydrogène sulfuré, bien que ce dernier composé ne puisse être décelé au cours de la préparation.

Le composé intermédiaire attendu (I), premier objet de ces recherches, n'a donc pu être isolé.



Si l'on effectue la même réaction à froid dans l'alcool absolu chlorhydrique, on obtient rapidement un abondant précipité. Ce précipité n'est autre que le chlorhydrate de la thiodiformamidine (II) qui, en dépit de sa facilité d'accès, ne semble pas connu. Linnemann ([1]) a bien décrit le sulfure de cyanamonium (III) qu'il obtint par action du sulfure de cyanogène sur l'ammoniac et auquel Beilstein ([2]) attribue la structure de notre composé (II) alors qu'il s'agit d'une substance dont les caractères physiques sont différents.

Cette même thiodiformamidine (II) s'obtient encore plus simplement en remplaçant dans les mêmes conditions de milieu le thiamide par la thiourée. Les rendements sont quantitatifs, la thiourée agissant sous sa forme iso.



Si l'on opère en présence d'autres acides minéraux, tels l'acide sulfurique, l'acide nitrique, etc., on obtient les sels correspondants de la thiodiformamidine.

Exemple : sulfate F 189°, nitrate expl. à 163°.

Cette réaction de condensation ne semble pas s'effectuer en présence d'acides organiques.

Propriétés de la thiodiformamidine. — Le dichlorhydrate obtenu par cristallisation lente à froid (II) se présente sous forme de paillettes nacrées, il fond à 178° comme la thiourée, il est stable et dépourvu de saveur amère. Très soluble dans l'eau, il se titre avec précision en présence de phénolphtaléine.

([1]) *Ann.*, 120, 1861, p. 40.

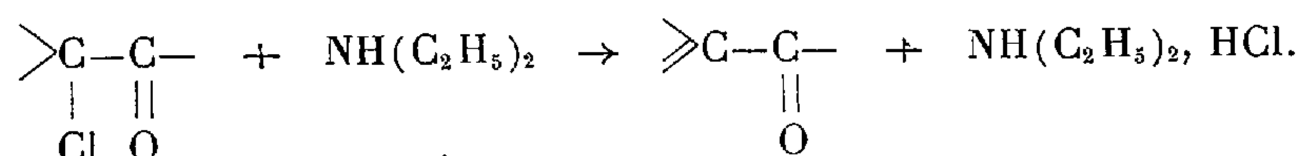
([2]) *Handbuch der org. chem.*, [4], Berlin, 1921, 3, p. 194.

Traité par l'acétate de plomb en milieu alcalin, il se désulfure en donnant du sulfure de plomb. La thiodiformamidine libérée de ses sels par la quantité calculée d'alcali fond à 146°.

CHIMIE ORGANIQUE. — *Action de la diéthylamine sur les cétones α-chlorées sur un carbone tertiaire.* Note de Mlle **Henriette Larramona**, présentée par M. Marcel Delépine.

Sous l'action de la diéthylamine, les cétones α-chlorées sur un carbone tertiaire conduisent par une réaction d'élimination aux cétones éthyléniques correspondantes; cette réaction d'élimination est suivie dans certains cas d'une réaction de coupure de la double liaison.

Nous avons montré dans une Note précédente (1) que l'action de l'ammoniac en solution alcoolique sur les cétones α-chlorées (chlorocyclohexylméthyl, ou phényl ou cyclohexyl cétones et cétones du type R′R″C(Cl)COR avec $R' = R'' = C_2H_5$ ou CH_3 et $R = C_6H_5$), conduit, indépendamment de la nature des radicaux substituants fixés sur le carbonyle et sur le carbone porteur d'halogène, aux aminocétones par une réaction de substitution. Dans le cadre de cette étude, nous avons examiné l'action de la diéthylamine sur ces mêmes cétones. Nous avons constaté qu'un excès de diéthylamine dans l'alcool ne provoque pas, comme l'ammoniac, une réaction de substitution, mais donne lieu dans tous les cas étudiés, à une réaction d'élimination (Rdt 80 %) (2).



Nous n'avons constaté dans les conditions expérimentales adoptées, ni la formation d'amide par une réaction de transposition du type Favorsky, ni la formation d'époxyamine (3). Ces résultats montrent que la diéthylamine et l'ammoniac, tout en conduisant à des produits différents, agissent préférentiellement sur la fonction halogénée et non sur le carbonyle.

La différence dans la nature des composés obtenus par l'action de ces deux réactifs sur une même cétone chlorée ne semble pas être due au fait que la diéthylamine (pK 3,0) est plus basique que l'ammoniac (pK 4,75); en effet, il a été montré (4) que la potasse alcoolique de basicité beaucoup plus élevée donne lieu, comme l'ammoniac, dans des conditions analogues, à une réaction

(1) Larramona, *Comptes rendus*, **232**, 1951, p. 849.

(2) Seule la (chloro-1 cyclohexyl) phényl-cétone donne un rendement de 50 %.

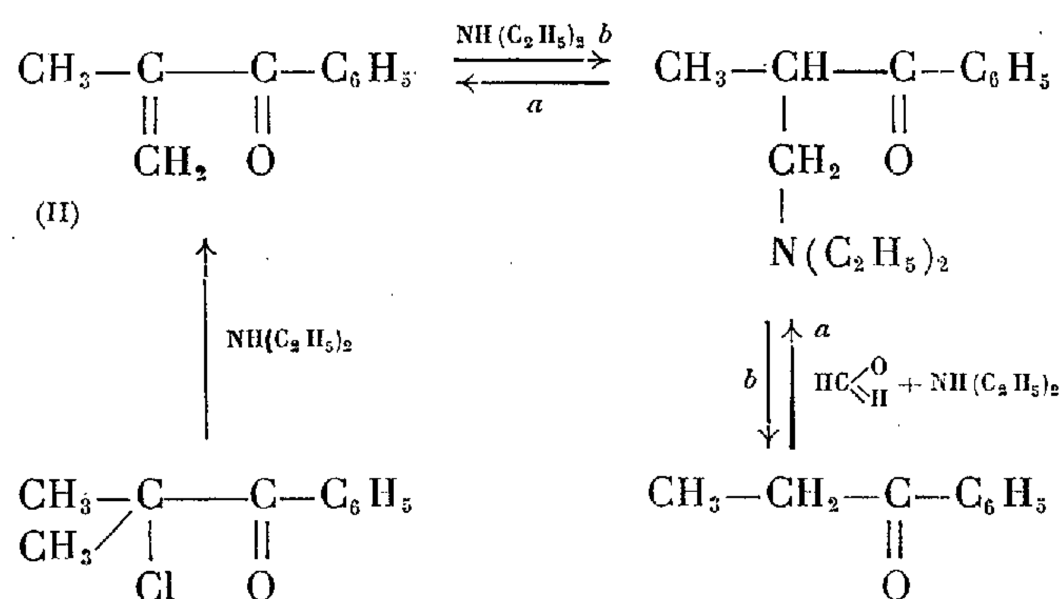
(3) Mousseron, Julien et Canet, *Comptes rendus*, **231**, 1950, p. 479.

(4) Charpentier-Morize et Tchoubar, *Bull. Soc. Chim.*, **17**, 1950, p. 416.

de substitution ([5]). Nous pensons que cette différence peut être attribuée au facteur stérique, la diéthylamine présentant un encombrement stérique nettement supérieur à celui de l'ammoniac ([6]).

Il est intéressant de signaler que pour certaines cétones α-chlorées ($R = C_6H_5$, $R' = R'' = C_2H_5$ ou CH_3) nous n'avons pas isolé la cétone éthylénique (II) correspondante, mais une cétone saturée (butyrophénone, propiophénone) de poids moléculaire inférieur.

Pour montrer que ces cétones saturées résultent de la coupure de la double liaison de la cétone éthylénique initialement formée par un excès de diétylamine, nous avons fait agir ce réactif sur l'isopropénylphényl cétone préparée par la réaction de Mannich ([7]) (voie *a*). Cette réaction de coupure de la double liaison (voie *b*) peut être considérée comme l'inverse de la réaction de Mannich.



En conclusion, l'action de la diéthylamine se porte, dans les conditions expérimentales adoptées, sur la fonction halogénée de la cétone α-chlorée; cependant, elle ne conduit pas, comme celle de l'ammoniac, à une aminocétone, mais à une cétone éthylénique.

Partie expérimentale. — La cyclohexenylcyclohexylcétone, la cyclohexenylphénylcétone, la cyclohexenylméthylcétone ont été obtenues avec des rendements respectifs de 87, 50 et 78%, par action d'un excès (3 mol pour 1 mol) de diéthylamine 3N en solution alcoolique sur la cétone chlorée correspondante.

La (chloro-1 méthyl-1 éthyl) phénylcétone, la (chloro-1 éthyl-1 propyl) phénylcétone conduisent dans les mêmes conditions à la propiophénone et à la butyrophénone. Les rendements sont respectivement de 93% et de 82%.

La propiophénone a également été obtenue par action de la diéthylamine sur l'isopropénylphénylcétone.

([5]) Dans certains cas, la réaction de substitution est accompagnée d'une réaction de transposition ([4]).

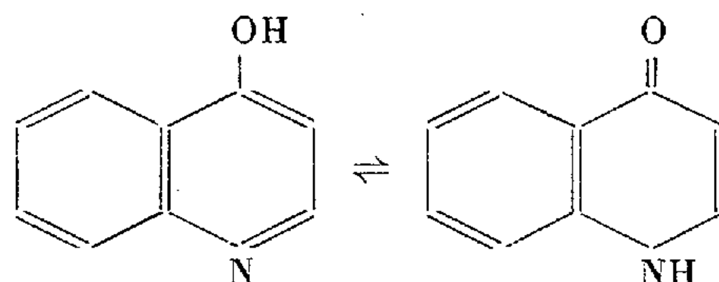
([6]) Une étude ultérieure du comportement de réactifs de basicité différente et d'encombrement stérique variable nous permettra de confirmer cette hypothèse.

([7]) Burckhalter, Reynold et Fuson, *J. Amer. Chem. Soc.*, 70, 1948, p. 4184.

CHIMIE ORGANIQUE. — *Sur quelques colorants azoïques dérivés de l'hydroxy-4 quinaldine.* Note de M. **Jean Décombe** et Mlle **Geneviève Bouchet**, présentée par M. Marcel Delépine.

Au cours de publications antérieures (1) l'un de nous a décrit quelques substances colorées et colorantes obtenues par condensation de la chloro-4 quinaldine avec une série de composés à groupement méthylénique actif, dont la constitution est intermédiaire entre celle des cyanines et celle des indigoïdes. Poursuivant l'étude des dérivés 4-substitués de la quinaldine, nous nous sommes proposé d'étudier la condensation des sels de diazonium avec l'hydroxy-quinaldine elle-même qui nous avait servi de matière première pour la préparation de la chloro-4 quinaldine.

Il est établi, en effet, que l'hydroxy-2 et l'hydroxy-4 quinoléine ne réagissent pas avec les sels de diazonium (2). Mais l'introduction d'un substituant en position 2 dans l'hydroxy-4 quinoléine doit faire apparaître le caractère phénolique du groupement hydroxyle, car Meyer et Vittenet ont réussi à copuler la dihydroxy-2.4 quinoléine avec de nombreux sels de diazonium (3). On peut penser que cette substitution empêche le passage de la forme énol à la forme cétone, transformation bien connue dans la chimie de la pyridine, et qui peut être rendue responsable de l'inactivité de la molécule.



L'expérience confirme cette hypothèse, car nous avons préparé un certain nombre de colorants azoïques par copulation de l'hydroxy-4 quinaldine avec quelques sels de diazonium. Toutefois un certain nombre de remarques sont à faire. Le caractère phénolique du groupement hydroxyle paraît peu marqué et la vitesse de copulation semble petite. En effet, la réaction, lorsqu'elle est possible, ne peut se faire qu'en milieu correctement tamponné au moyen de l'acétate de sodium par addition d'acide acétique au milieu réactionnel, immédiatement après avoir versé le sel de diazonium dans la solution alcaline et froide d'hydroxy-quinaldine. En outre, il n'a pas été possible, en dépit d'essais multiples conduits dans des conditions très différentes, de copuler les sels de diazonium de l'α et de la β-naphtylamine dont la décomposition est

(1) *Comptes rendus*, **227**, 1948, p. 345 et **229**, 1949, p. 372.
(2) Courtot et Hartman, *Bull. soc. chim.*, **51**, 1932, p. 1179.
(3) *Ann. chim.*, **17**, 1932, p. 295.

plus rapide que la condensation. Il en est de même avec les dérivés sulfonés de ces acides. Il est intéressant de noter qu'avec ces derniers (acides J. H. R. G., ...) on observe bien la formation d'un colorant, mais on récupère intégralement l'hydroxy-quinaldine mise en œuvre; le colorant formé peut s'obtenir directement, en l'absence de quinaldine, par action du carbonate de sodium sur les sels de diazonium de ces acides. Il s'agit ici de la condensation du diazo sur lui-même, avec formation rapide d'un azoïque interne comme cela a déjà été observé pour les acides J et H ([1]).

Les condensations avec : l'*o*- et la *p*-toluidine, l'*o*-anisidine, l'*o*-chloraniline, la benzidine, la tolidine, la dianisidine, nous ont conduits aux nouveaux composés suivants où $C_{10}N_8ON$ représente le radical hydroxy quinaldine.

o-toluène-azo-3 hydroxy-4 quinaldine



$$(C_{10}H_8ON)N{=}N{-}C_6H_4{-}CH_3$$

fines aiguilles orangées fondant à 200°.

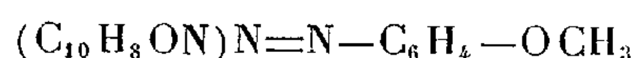
p-toluène-azo-3 hydroxy-4 quinaldine



$$(C_{10}H_8ON)N{=}N{-}C_6H_4{-}CH_3$$

paillettes rouges fondant à 216°.

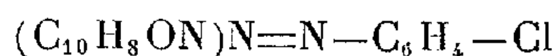
o-méthoxy-benzène-azo-3 hydroxy-4 quinaldine



$$(C_{10}H_8ON)N{=}N{-}C_6H_4{-}OCH_3$$

fines aiguilles jaune orangé fondant à 199°.

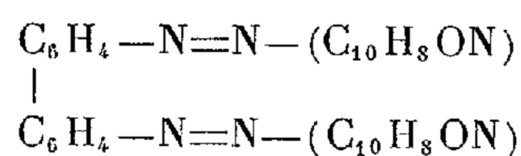
o-chloro benzène-azo-3 hydroxy-4 quinaldine



$$(C_{10}H_8ON)N{=}N{-}C_6H_4{-}Cl$$

aiguilles orangées fondant à 198-199°.

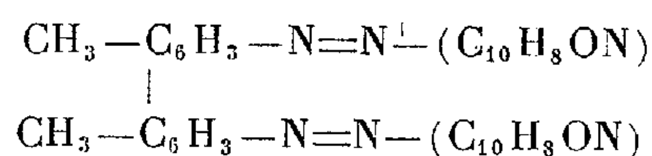
Diphényl-4.4′ bis-(azo-3 hydroxy-4 quinaldine)



$$\begin{array}{l} C_6H_4{-}N{=}N{-}(C_{10}H_8ON) \\ | \\ C_6H_4{-}N{=}N{-}(C_{10}H_8ON) \end{array}$$

cristaux rouge brun fondant au-dessus de 320°.

Ditolyl-4.4′ bis-(azo-3 hydroxy-4 quinaldine),

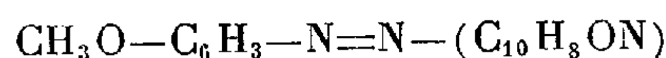


$$\begin{array}{l} CH_3{-}C_6H_3{-}N{=}N{-}(C_{10}H_8ON) \\ \quad | \\ CH_3{-}C_6H_3{-}N{=}N{-}(C_{10}H_8ON) \end{array}$$

cristaux rouge brun fondant au-dessus de 320°.

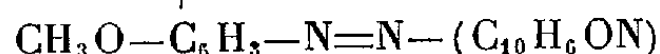
([1]) D. R. P. 73276, Friedl. 3, p. 490 et D. R. P. 92012; Friedl. 4, p. 610.

Diméthoxy-diphényl-4-4' bis-(azo-3 hydroxy-4 quinaldine)



$CH_3O-C_6H_3-N{=}N-(C_{10}H_8ON)$

|



$CH_3O-C_6H_3-N{=}N-(C_{10}H_6ON)$

cristaux noirs à reflets pyriteux fondant au-dessus de 320°.

Ces colorants teignent la laine en bain légèrement acide.

CHIMIE ORGANIQUE. — *Action des acides sur le quinol du dihydroxy-2.6 diphényl-9.10 anthracène.* Note (*) de MM. **André Étienne** et **Jean Salmon**, présentée par M. Charles Dufraisse.

Préparation du quinol du dihydroxy-2.6 diphényl-9.10 anthracène. Action des acides sur ce quinol et préparation d'une fuchsone anthracénique et d'une nouvelle orthoanthraquinone.

Dans une Note précédente ([1]) nous avons indiqué le comportement, vis-à-vis des acides, du quinol de l'hydroxy-2 diphényl-9.10 anthracène, I. Nous indiquons ci-dessous les réactions, dans des conditions analogues, du quinol portant un deuxième hydroxyle en 6 : le tétrahydroxy-2.6.9.10 diphényl-9.10 dihydro-9.10 anthracène, II, ($C_{26}H_{20}O_4$)F_{inst} 305-306°, obtenu à cette occasion, en faisant réagir le bromure de phénylmagnésium sur la diacétoxy-2.6 anthraquinone, les essais de phénylation directe de la dihydroxy-2.6 anthraquinone n'ayant donné aucun résultat.

a. Action des acides faibles. — Le chauffage du quinol dihydroxylé-2.6, II, au reflux de l'acétate d'éthyle à 10 % d'acide acétique, provoque, tout comme avec le quinol monohydroxylé-2, I, une halochromie rouge. Après traitement par l'eau on aboutit à la formation d'une fuchsone par monodéshydratation, le céto-2 dihydroxy-6.9 diphényl-9.10 dihydro-2.9 anthracène, IV, ($C_{26}H_{18}O_3$) F_{inst} 267-268°, alors que le quinol I n'est pas transformé ; la transformation de ce dernier en fuchsone, III, n'a lieu, ainsi qu'on l'a déjà annoncé ([1]), que par simple chauffage sous vide.

La fuchsone IV, tout comme son analogue III, est capable de fixer l'eau en milieu alcalin pour redonner les quinols correspondants, c'est-à-dire le quino-initial, F_{inst} 305-306°, et son diastéréoisomère F_{inst} 247-248°. Par réduction (IK acétique), elle donne, comme le quinol, II, le dihydroxy-2.6 diphényl-9.10 anthracène, V, F_{inst} 281-282°, obtenu antérieurement par fusion alcaline du diphényl-9.10 anthracène disulfonate de sodium-2.6 ([2]).

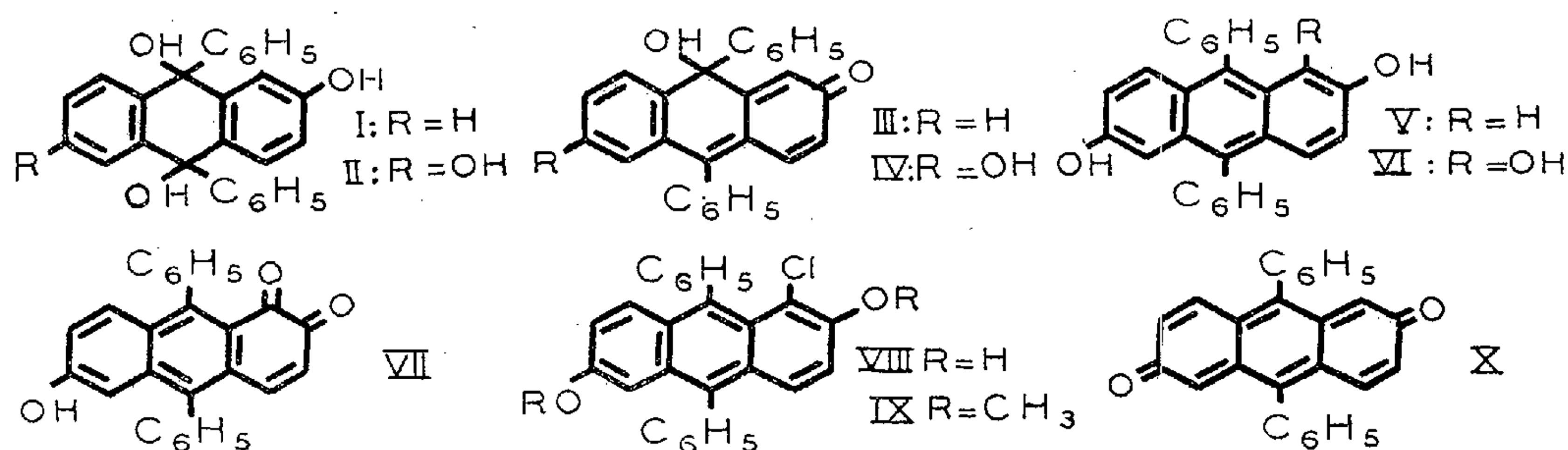
(*) Séance du 23 juin 1952.

([1]) A. Etienne et J. Salmon, *Comptes rendus*, 234, 1952, p. 338.

([2]) A. Etienne, J.-C. Lepeley et R. Heymès, *Bull. Soc. Chim.*, (5), 16, 1949, p. 835. Le point de fusion du produit obtenu par les dérivés sulfonés n'était que de 266-267°. Il a pu être élevé à 279-280°, par cristallisation lente dans l'éther.

b. Action des acides forts. — Les acides chlorhydrique et sulfurique à 1 °/₀₀ dans le méthanol à froid donnent, comme dans le cas du quinol I, les éthers méthyliques en méso, que l'on parte, soit de II, soit de la fuchsone correspondante, IV. Ici on aboutit au dihydroxy-2.6 diméthoxy-9.10 diphényl-9.10 dihydro-9.10 anthracène ($C_{28}H_{24}O_4$) F_{inst} 285-286°.

Si l'on traite le quinol II, ou la fuchsone IV, par l'acide sulfurique à 1 % dans l'acide acétique à *froid*, ou mieux par l'acide sulfurique ou chlorhydrique à 1 % dans l'alcool méthylique ou éthylique, l'acide acétique ou le dioxane aqueux, au *reflux*, on aboutit à un mélange en quantités à peu près équivalentes d'anthradiol, V, et d'une orthoquinone hydroxylée, l'hydroxy-6 diphényl-9.10 anthraquinone-1.2, VII, ($C_{26}H_{16}O_3$) F_{inst} 342-343°. Dans cette réaction, on peut, admettre qu'il se forme intermédiairement par migration anionoïde, le trihydroxy-1.2.6 diphényl-9.10 anthracène, VI, corps probablement très instable, qui s'autoxyderait spontanément en l'orthoquinone correspondante, VII. Ce comportement est différent de celui du quinol monohydroxylé, I, lequel, traité par l'alcool méthylique, dans les mêmes conditions, fournit le *bis* mésoéther méthylique, et qui, dans l'acide acétique à 1 % d'acide chlorhydrique à chaud, présente seulement une halochromie, avec régénération du quinol, I, par addition d'eau.



Avec une forte concentration en acide chlorhydrique (HCl gazeux) à *froid* les résultats sont différents. Ainsi en milieu acétique le quinol, II, et sa fuchsone, IV, se transforment en un dérivé anthracénique chloré que nous avons identifié comme étant un chloranthradiol : le chloro-1 dihydroxy-2.6 diphényl-9.10 anthracène, VIII ($C_{26}H_{17}O_2Cl$)F_{inst} 223-224°. Le chlore est indubitablement fixé en α dans ce corps, car, par oxydation chromique il fournit la même quinone que ci-dessus, l'hydroxy-6 diphényl-9.10 anthraquinone-1.2, VII, dont la structure a été établie par une série d'expériences que nous publierons plus tard. De plus, le chloranthradiol, VIII, traité par le sulfate de méthyle en milieu alcalin, donne un diéther, le chloro-1 diméthoxy-2.6 diphényl-9.10 anthracène, IX, F_{inst} 187-188°, que nous avons identifié avec le produit obtenu par J. Robert ([3]) en faisant agir l'acide chlorhydrique sur le

([3]) *Comptes rendus*, 232, 1951, p. 1221.

quinol du diméthoxy-2.6 diphényl-9.10 anthracène et qui avait été considéré alors comme l'isomère chloré en 3. Rappelons que nous avions déjà trouvé une réaction similaire avec le quinol monohydroxylé-2, I, et son dérivé *o*-méthylé en 2 qui se transformaient par HCl concentré respectivement en chloro-1 hydroxy-2 diphényl-9.10 anthracène ou son dérivé *o*-méthylé ([3]). Il en résulte donc que, dans ces transformations de type anionoïde, le chlore se fixe bien en α et non en β comme on aurait pu le penser d'après les résultats déjà obtenus par E. Bergmann et O. Blum-Bergmann sur le mésodichlorure de diphénylanthracène ([4]).

Si l'on compare les réactions obtenues avec les quinols I et II, on constate que le corps dihydroxylé-2.6 est beaucoup plus réactif que le corps monohydroxylé-2. D'autre part, la formation de la diphényl-9.10 anthraquinone-2.6, X, que nous avions envisagée par une double déshydratation en milieu acide du quinol, II, semble aléatoire.

RADIOCRISTALLOGRAPHIE. — *Anticathodes filiformes : application à la diffraction des rayons* X *par les cristaux.* Note (*) de M. **Jean Barraud** et Mlle **Claire Pierrée**, transmise par M. Charles Mauguin.

Une anticathode constituée par un fil métallique très fin permet d'obtenir des diagrammes de diffraction d'une haute définition. Application à l'étude des taches de Laue focalisées et à la mise en évidence des textures cristallines.

La description d'une anticathode constituée par un fil métallique fin a fait l'objet d'une Note précédente ([1]).

La finesse de la source de rayons X ainsi obtenue suggère immédiatement la combinaison du dispositif avec un monochromateur à cristal courbé : le diamètre du fil, inférieur à la largeur du doublet $K\alpha_1 K\alpha_2$ pour un monochromateur de caractéristiques courantes, devrait permettre l'élimination d'une des deux composantes. Malheureusement, les fils de cuivre et de molybdène que nous avons utilisés se sont montrés trop fragiles, dans les conditions expérimentales où nous nous trouvions, pour supporter un débit d'électrons compatible avec une observation à l'écran du faisceau de rayons X réfléchi par le monochromateur; le réglage devenait ainsi très difficile et nous avons dû abandonner momentanément cet ordre de recherches.

Par contre, comme nous l'avons signalé, les fils de tungstène se prêtent bien à un fonctionnement continu et à une émission de rayons X relativement

([4]) *J. Am. chem. Soc.*, 59, 1937, p. 1439.

(*) Séance du 30 juin 1952.

([1]) J. Barraud, *Comptes rendus*, 234, 1952, p. 614.

intense; nous avons donc appliqué le dispositif à l'étude de certains aspects de la méthode de Laue.

Dans ces expériences, le fil f (*fig.* 1) de diamètre δ faisait un angle de 10° avec l'axe $x'x$; il recevait un faisceau d'électrons E, du diamètre Δ. La source, vue dans la direction $x'x$, avait donc pour dimensions apparentes δ et $\Delta \sin 10°$; δ était de l'ordre de 30 μ, Δ variait de quelques dixièmes de millimètre à quelques millimètres suivant que le faisceau d'électrons était focalisé ou non.

1. *Étude de la focalisation des taches de Laue.* — On sait [2], [3], [4], [5] que si la relation

$$d \sim l \cos^2 2\theta$$

est vérifiée entre l'angle de Bragg θ et les distances d et l du cristal, respectivement à la pellicule et à la source, on obtient de celle-ci une *pseudo-image* dont les aberrations ont été étudiées [5]. L'utilisation d'une anticathode filiforme apporte à la théorie une vérification nouvelle particulièrement convaincante.

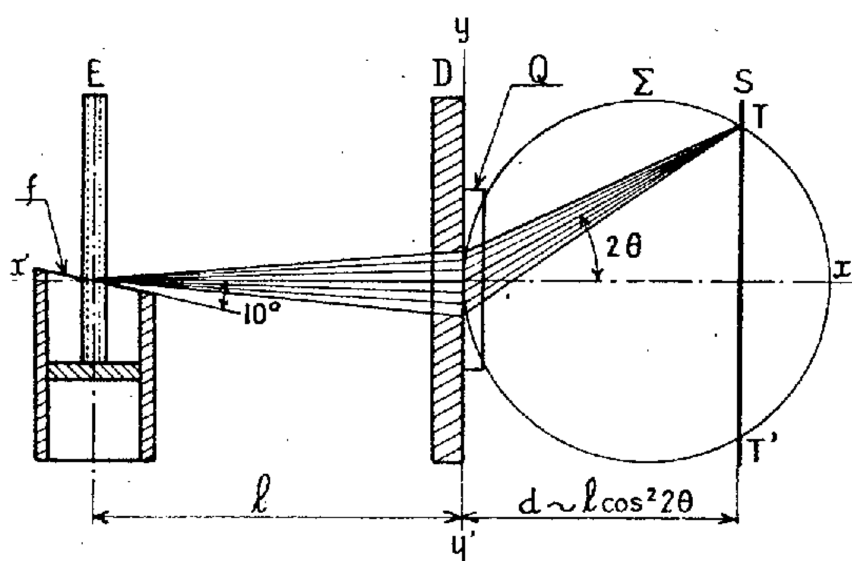


Fig. 1.

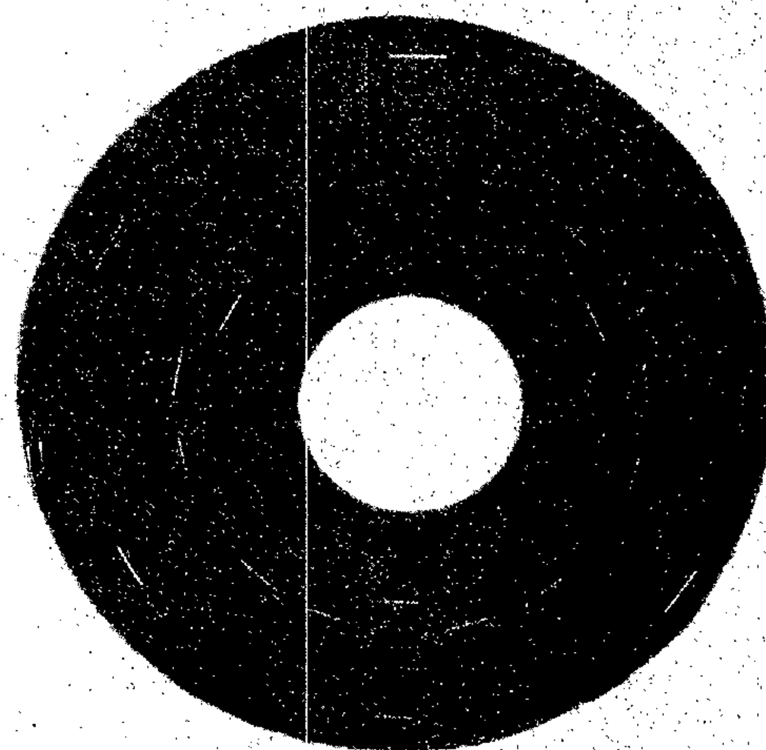


Fig. 2.

Fig. 1. — Méthode de Laue avec anticathode filiforme et focalisation.

Fig. 2. — Diagramme de Laue focalisé d'une lame de quartz (0001). Anticathode filiforme. Émulsion à grain fin, pose 14 h. (Réduit de moitié.)

La figure 1 montre la disposition de l'expérience. Le faisceau est limité par le diagramme D, percé d'un trou de 5 mm de diamètre. Contre ce trou est appliquée une lame de quartz Q, épaisse de 0,23 mm parallèle à (0001).

(2) L. Bragg, *Proceedings of the Cambridge Philosophical Society*, 1912.

(3) C. S. Barrett et C. E. Howe, *Phys. Rev.*, 39, 1932, p. 889-897; *voir* p. 891.

(4) J. Barraud, *Comptes rendus*, 217, 1943, p. 683.

(5) J. Barraud, *Bull. Soc. franç. Min.*, 74, 1951, p. 223-372; *voir* p. 256-399.

La surface sensible S est placée à la distance *d* correspondant à la focalisation pour l'angle de Bragg θ; elle coupe la sphère de focalisation Σ suivant le cercle de trace TT'. On sait ([5]) que, dans ces conditions, un foyer *ponctuel* donnerait sur le cercle une image *linéaire*. Un foyer *linéaire* donnera une image en général *allongée* et *élargie*, sauf pour les plans réticulaires passant par yy' qui fourniront des images seulement allongées, donc *linéaires* et *fines*.

Ces conclusions se vérifient nettement sur le diagramme (*fig.* 2) qui montre une série de taches linéaires situées sur le cercle de focalisation et sur des cercles voisins.

Il y a lieu d'insister sur le fait que ces raies, dont les plus fines ont une largeur inférieure au dixième de millimètre, sont produites par un faisceau limité uniquement par un diaphragme de 5 *mm de diamètre.*

2. *Mise en évidence des textures.* — Chaque cristallite d'un échantillon polycristallin donne un diagramme de Laue. Si le foyer est fin et le faisceau focalisé, les taches des différents diagrammes seront distinctes et leur aspect renseignera sur les dimensions, l'orientation, les déformations, etc. des cristallites. On verra l'intérêt de ces diagrammes dans les travaux de Leonhardt ([6]), de A. Guinier et J. Tennevin ([7]) et de A. Guinier et R. Le Roux ([8]).

Notre dispositif semblait convenir à ce mode d'étude des textures et nous avons en effet obtenu des diagrammes d'aluminium recuit dont les taches, extrêmement fines, se prêteraient à une étude intéressante mais qui sortirait du cadre de cette Note.

Le dispositif est d'une réalisation simple et, comme nous pensons l'avoir montré, il peut se prêter à des recherches intéressantes; mais il nécessiterait pour devenir d'un emploi plus courant un certain nombre de perfectionnements dont l'étude est en cours.

RADIOCRISTALLOGRAPHIE. — *Réalisation de demi-diagrammes symétriques Debye-Scherrer, par transmission, en rayonnement filtré.* Note de M. **Adolphe Jean Rose**, présentée par M. Charles Mauguin.

Dans les problèmes d'identification de substances cristallines ou de modification de leur structure, l'observation sur les diagrammes de poudre, des raies correspondant à de grands intervalles réticulaires est très importante. C'est le cas de nombreux minéraux tels que les argiles.

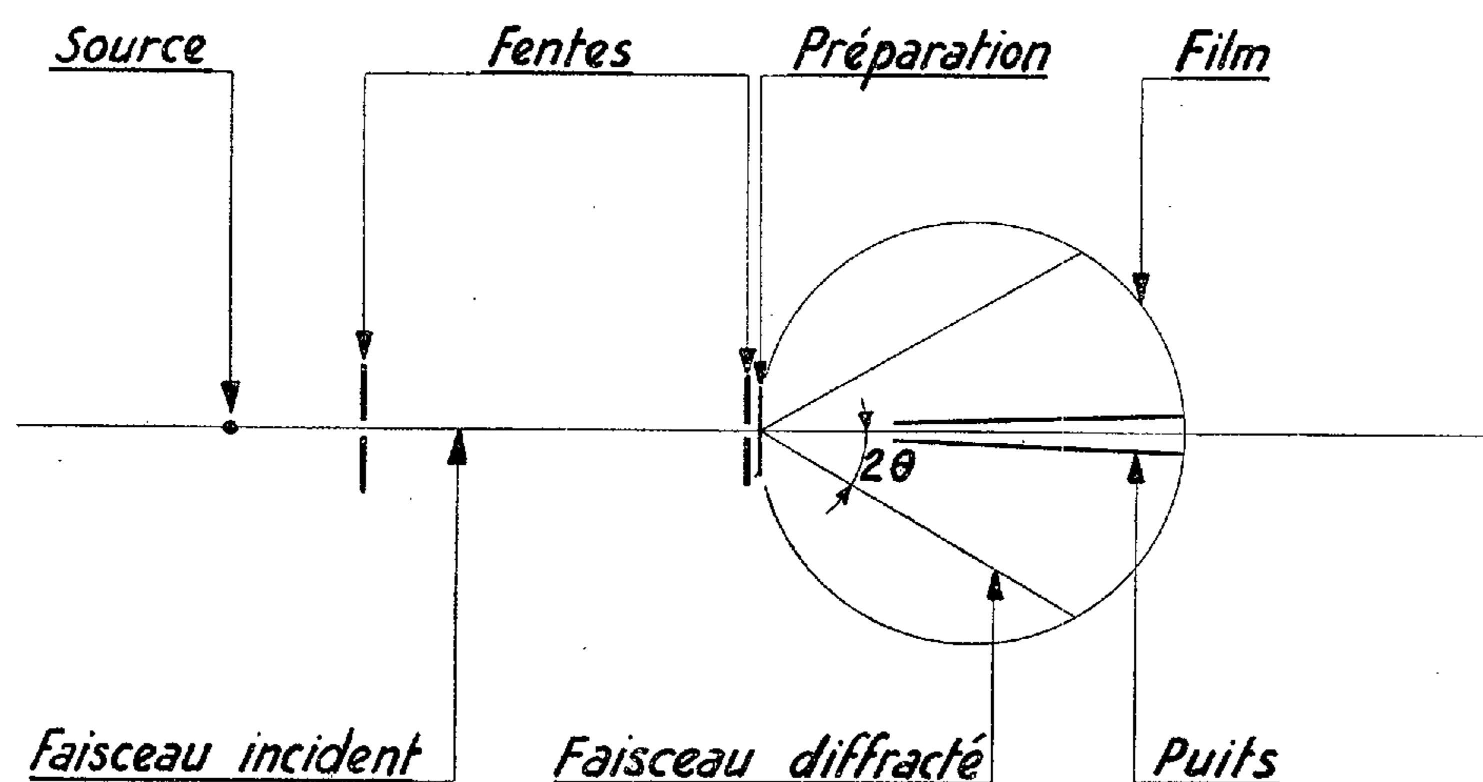
Il est possible de doubler la dispersion d'une chambre classique en plaçant la substance à analyser non plus au centre, mais au niveau de la surface cylindrique comme dans les chambres à focalisation de Seeman-

([6]) *Z. Krist.*, 63, 1926, p. 478-495.
([7]) *Acta Cristallographica*, 2, 1949, p. 133.
([8]) *Revue de Métallurgie*, 47, 1950, p. 149-157.

Bohlin. Mais celles-ci ne peuvent donner de diagrammes symétriques que pour les grands angles de diffraction. Aux petits angles, il faut opérer par transmission et utiliser le rayonnement convergent d'un monochromateur à lame courbe (montage de A. Guinier).

Dans cette Note on montre qu'il est possible d'obtenir également d'excellents diagrammes à raies très fines, du même type, avec des temps de pose relativement courts, en utilisant un faisceau de rayons X parallèles et filtrés.

Le montage est très simple. La plaquette échantillon est placée sur le support tournant des spectrographes déjà décrits ([1]). Un collimateur à fentes limite un faisceau incident étroit de rayons X parallèles. Une seule fente placée près de l'échantillon suffit si l'on utilise un tube à foyer fin. Le faisceau traverse la chambre diamétralement et est reçu dans un puits étroit et profond (*fig.* 1).



Outre la grande dispersion ainsi obtenue, ce dispositif présente de nombreux avantages :

a. Comme dans les chambres à focalisation déjà citées, aucun appareil de centrage de l'échantillon n'est nécessaire. La plaquette échantillon, grâce à une butée, a une position bien déterminée par construction. D'autre part, la distance entre l'échantillon et le film est plus courte que dans une chambre Debye-Scherrer de même dispersion; il en résulte, du fait d'une moins grande absorption par l'air, des temps de pose plus courts et une plus grande finesse de raie.

([1]) A.-J. Rose, *Bull. Soc. Fr. Min. Crist.*, 73, 1950, p. 63-92.

Mais l'utilisation d'un faisceau étroit de rayons X parallèles permet, en outre :

b. D'éviter l'emploi d'un monochromateur et de raccourcir les temps de pose;

c. D'utiliser une très faible quantité de substance;

d. D'obtenir des diagrammes parfaitement symétriques du fait de la superposition dans le faisceau incident, des trajets des radiations $K\alpha_1$ et $K\alpha_2$.

Des diagrammes présentant des raies d'épaisseur de l'ordre de 0,1 mm, sans voile central ont été réalisés sur ce principe, avec un tube à foyer fin et une fente de 0,1 × 2 mm placée près de l'échantillon.

CYTOLOGIE VÉGÉTALE. — *Étude de la fécondation chez quelques Graminées de type nucléaire euréticulé ou réticulé.* Note de M. **Bernard Vazart**, présentée par M. Raoul Combes.

Chez certaines Graminées dont les noyaux somatiques sont de type réticulé : (*Hordeum, Triticum, Secale*), les processus de fécondation sont toujours identiques: le tube pollinique ne pénètre pas à l'intérieur du sac à l'entrée duquel il libère les deux gamètes ♂. L'un se fusionne avec le noyau de l'oosphère, l'autre avec l'un des deux noyaux polaires qui demeurent indépendants jusqu'à la première mitose de l'albumen.

Nous avons décrit précédemment [1] les processus intimes de la fécondation chez quelques espèces à noyaux euchromocentriques. Comparativement, nous avons étudié les mêmes phénomènes chez un autre groupe de plantes, de la famille des Graminées, dont les noyaux somatiques sont de type euréticulé ou réticulé, et constaté qu'ils se déroulent de façon un peu différente.

En effet, chez une dizaine d'espèces appartenant aux genres *Hordeum*, *Triticum* et *Secale*, l'extrémité antérieure du sac embryonnaire arrive au contact des téguments ovulaires qui présentent une certaine rigidité. L'orifice micropylaire est dépourvu de toute élasticité et se prête mal à l'entrée du tube pollinique. Par suite, sitôt engagée dans cette sorte d'entonnoir très court, l'extrémité du tube se trouve bloquée et son contenu exerce sur l'enveloppe une pression suffisante pour projeter les gamètes ♂ à l'intérieur du sac dans le massif reproducteur ♀. Celui-ci compte cinq noyaux : trois d'entre eux sont isolés dans des cellules bien individualisées et caractéristiques, ce sont les deux synergides et l'oosphère, deux autres sont réunis dans une masse cytoplasmique peu définie, ce sont les noyaux polaires qui ne fusionnent pas avant la fécondation. Ces différents noyaux

---

(1) *Comptes rendus*, 234, 1952, p. 356.

sont peu chromatiques et ont une structure propre en rapport avec celle des noyaux somatiques (²). Ils possèdent un unique nucléole volumineux creusé d'une ou de plusieurs vacuoles. Les gamètes ♂ réduits à l'état de noyaux sont au contraire très chromatiques. Ils ont même aspect que dans le grain de pollen, mais paraissent un peu plus contractés. Ce sont deux noyaux habituellement identiques, réniformes ou sphériques. La chromatine y dessine un réseau de filaments très serrés, étroitement intriqués et ne laissant apparaître aucune structure précise. On n'y reconnaît pas de nucléole.

Leur déplacement dans le sac embryonnaire est toujours fort rapide et il n'est pas aisé de décomposer les différentes phases de leur trajet depuis le micropyle jusqu'aux noyaux reproducteurs ♀. Généralement les stades les moins avancés qui aient été observés les montrent déjà au contact de ceux-ci. L'un d'eux, sphérique et très dense, est accolé au noyau de l'oosphère, tandis que l'autre, oblong, se trouve alors engagé dans l'un quelconque des noyaux polaires, à l'intérieur duquel il s'allonge rapidement. Son contour s'estompe et le peloton de chromatine se délie peu à peu, puis émet, vers les régions internes, des filaments d'abord enchevêtrés les uns aux autres et d'allure sinueuse. Le réseau ♂ se relâche totalement et occupe tout l'espace intranucléaire ♀. A ce moment, on observe des images identiques dans les deux noyaux polaires qui, par ailleurs, renferment chacun un gros nucléole sphérique et vacuolisé.

La pénétration du second gamète à l'intérieur de l'oosphère s'effectue beaucoup plus lentement. On voit ce petit noyau très chromatique s'avancer progressivement dans le noyau ♀ dont la structure ne se trouve pas modifiée pour autant. Il reste appliqué un certain temps à la périphérie interne de ce dernier. Puis il augmente sensiblement de volume, se déforme et gagne les régions profondes. D'aspect moins compact, il se détache des sortes de bras très grêles, ensuite des filaments de plus en plus nombreux qui se répartissent en tous sens dans le nucléoplasme ♀. Au cours de cette migration, un nucléole apparaît dans ce réseau de plus en plus dilaté et augmente rapidement de volume jusqu'à atteindre une taille analogue à celle du nucléole ♀. Cependant la structure du noyau ♀ se modifie quelque peu, la chromatine se déplace vers l'intérieur : tous les éléments ♂ et ♀ se trouvent bientôt réunis. On ne distingue plus alors qu'un amas de filaments semblables, mêlés les uns aux autres, et en serrant les deux gros nucléoles centraux. A ce stade, il n'est plus possible d'identifier les constituants initiaux des noyaux ♂ et ♀.

(²) *Comptes rendus*, **232**, 1951, p. 178.

CYTOLOGIE VÉGÉTALE. — *Différenciation et structure des anthérozoïdes de certains Ptéridophytes*. Note de Mme **Jacqueline Vazart**, présentée par M. Raoul Combes.

A la suite de la dernière mitose spermatogène on observe aux pôles télophasiques des corpuscules globuleux provenant sans doute du développement des centrosomes, et qui, par étirement et enroulement donnent naissance à l'organe cilifère. Leur croissance et la différenciation des noyaux sont liées. Le cytoplasme est réduit à une gaine entourant la partie postérieure de l'anthérozoïde mûr.

La première phase de la spermatogénèse chez les Ptéridophytes aboutit à la formation d'un nombre donné de cellules dans chaque anthéridie. Ce nombre varie, d'ailleurs, pour chaque espèce autour d'une valeur qui est de beaucoup la plus fréquente : généralement 32 ou 64, et qui correspond au déroulement préalable de 4, 5, 6 *n*, séries de mitoses spermatogènes simultanées. Celles-ci ont déjà été décrites chez *Equisetum arvense, Pteris Ouwardi, P. longifolia, Scolopendrium vulgare, Asplenium Trichomanes* et *Adiantum* sp. (1). Nous avons observé sur les mêmes plantes et sur *Athyrium Filix-femina* la suite de la différenciation de l'anthérozoïde.

La dernière division des noyaux contenus dans l'anthéridie est caractérisée par la présence de « centrosomes », simples granules dont l'apparition précède le début de la prophase et qui persistent aux pôles fusoriaux jusqu'en fin d'anaphase. Quoique ce point n'ait pu encore être précisé avec certitude, il est probable que ces deux corpuscules, en position diamétralement opposée, sont émis par le noyau.

Au début de la télophase, les chromosomes se groupent selon une disposition spéciale qui, d'ailleurs, est déjà réalisée à la fin de chacune des précédentes mitoses et, parfois, dans les cellules somatiques du prothalle; pour la plupart en forme d'U ou de V, ils sont rangés en couronne autour du pôle vers lequel leur pointe se recourbe. Ils délimitent ainsi une sorte de cuvette où, cette fois, se trouve logé un corpuscule arrondi, de la taille d'un jeune nucléole, qui a par conséquent remplacé le centrosome; il en procède vraisemblablement. Nous le désignerons désormais par le terme de blépharoplaste. Ces figures s'observent après coloration par l'hématoxyline et le violet de gentiane. Par contre, le réactif de Feulgen ne teinte évidemment que les éléments chromosomiques.

Les transformations télophasiques : déroulement des chromonémas, reconstitution du nucléoplasme et de la membrane nucléaire, réapparition des nucléoles sont particulièrement lentes. Le noyau a le temps de s'arrondir et de grossir notablement avant qu'elles ne s'effectuent. Pendant ce temps,

(1) *Comptes rendus*, 234, 1952, p. 1575.

le blépharoplaste s'écarte, s'accroît et devient plus chromatique; la membrane cellulaire se forme.

Chez la plupart des espèces (*A. Trichomanes, S. vulgare, P. Ouwardi, E. arvense*) ce stade est suivi par une véritable interphase au cours de laquelle les noyaux présentent leur structure habituelle et sont accompagnés chacun de leur blépharoplaste globuleux. Mais, chez d'autres, cette étape peut être considérablement abrégée (*P. longifolia*) ou même supprimée (*Ath. Filix-femina*). Dans ce dernier cas il ne se reconstitue pas de nucléole ni de membrane nucléaire.

Quoi qu'il en soit le blépharoplaste se déforme bientôt en un corps tétraédrique d'aspect granuleux et hétérogène tandis que, le cas échéant, la membrane nucléaire s'estompe et les nucléoles diminuent de taille progressivement. Corrélativement les cordons chromosomiques s'affirment, comme en prophase, et se disposent parallèlement les uns aux autres cependant que l'importance du nucléoplasme décroît. Cette évolution s'accentue et, alors que les nucléoles en régression demeurent groupés face au blépharoplaste, les chromosomes qui s'allongent et s'épaississent de plus en plus s'enroulent en hélice à l'intérieur de la membrane encore repérable.

Après la disparition de cette dernière, de profondes fissures apparaissent au sein du complexe nucléaire. Le blépharoplaste s'est alors étiré en une lame hyaline qui entoure plus de la moitié du noyau : il a perdu peu à peu de sa chromaticité et est devenu à peine discernable; une substance incolore le sépare du corps nucléaire, tandis que le cytoplasme est refoulé à l'autre extrémité de la cellule. Ce blépharoplaste s'enroule donc à l'un des pôles cellulaires. Il est suivi dans ce mouvement par le noyau, lequel n'est plus constitué que d'éléments chromosomiques, disposés côte à côte dans une petite quantité de nucléoplasme en un écheveau pelotonné sur lui-même, dont l'une des extrémités se soulève et s'accroche à la partie postérieure du futur organe cilifère. Dès lors, il ne se produira plus que des modifications d'importance secondaire, quoique spectaculaires. Après une phase de déchromatinisation relative pendant laquelle ils ne se colorent plus que faiblement par le réactif de Feulgen, les chromosomes deviennent jointifs et le noyau se condense soit en un fuseau allongé (*E. arvense, A. Trichomanes*, etc.), soit en une bande effilée de très faible épaisseur (*Pteris*), dont l'enroulement hélicoïdal devient de plus en plus apparent. L'extrémité antérieure gagne vers celle du blépharoplaste qu'elle rejoint ou non suivant les espèces. Ce dernier revêt également son aspect définitif, on distingue l'épaississement plus chromatique qui longe sa bordure libre (*lateral-bar* et *border brim*) ainsi que la bande cilifère et la ligne d'insertion des flagelles. Nous n'avons pu déterminer, sur ces coupes incluses dans la paraffine et collées à l'albumine le moment d'apparition de ces derniers. Quant au cytoplasme, il se trouve réduit à une mince gaine enserrant le noyau.

Cette structure est également celle que nous avons observée *in vivo* au contraste de phase sur des anthérozoïdes en suspension et sur des frottis traités suivant diverses techniques. L'organisation des cellules reproductrices ♂ répond toujours à ce schéma général, mais chaque espèce est caractérisée par des traits particuliers : taille et forme de l'hélice, position réciproque du noyau et de l'organe locomoteur, nombre des cils, etc. La formation d'une vésicule cytoplasmique, plus fréquente chez certaines espèces (*Adiantum* sp.), paraît due à un phénomène de coagulation lié à des conditions sublétales.

BIOCHIMIE VÉGÉTALE. — *L'équilibre protidique du Blé*. Note (*) de MM. **Jules Carles, Louis Soubiès, Roger Gadet** et **Pierre Maury**, présentée par M. Albert Demolon.

Les taux protidiques des différentes parties du pied Blé s'ordonnent suivant un équilibre propre à chaque variété et caractéristique de chaque stade de développement : tallage, croissance, fructification.

L'évolution physiologique du Blé passe par trois phases caractéristiques : l'équilibre de tallage, l'équilibre de croissance et l'équilibre de fructification.

L'équilibre de tallage englobe tout le pied, c'est-à-dire tous les brins issus du même grain, tandis que l'équilibre de croissance s'organise dans un seul brin et l'équilibre de fructification se centre autour de l'épi.

L'équilibre de croissance s'installe dès que l'épi quitte le plateau de tallage, et l'équilibre de fructification lorsque cet épi prend de l'importance et dépasse le dixième du poids total du brin, à la veille de l'épiaison.

Pour la variété Docteur Mazet nous allons considérer cet équilibre en nous bornant cette fois aux seuls protides envisagés dans leur masse globale.

Lorsque l'épi n'atteint pas encore 20 mg, son taux de protides dépasse 10 %. La croissance est rapide et le taux baisse vite : à 100 mg il n'est plus que de 6 % ; il arrive aux environs de 3 % à 500 mg et baisse encore tandis que le poids augmente toujours. A la veille de l'épiaison, l'équilibre de fructification s'installe et vide rapidement la tige de ses protides dont le taux tombe dans les entre-nœuds inférieurs bien au-dessous de 1 %. Mais ce sont les feuilles dont l'équilibre est le plus intéressant : elles sont alors au summum de leur végétation et quatre sont en pleine vie.

Voici un brin de 10,3 g avec une tige de 4,1 g et un épi de 1,8 g qui émerge à peine au-dessus de la dernière gaine : l'équilibre de fructification n'a encore touché que la tige. Les quatre feuilles analysées pèsent respectivement pour leur limbe et leur gaine 311 et 558 mg, 418 et 313 mg, 453 et 297 mg, 438 et

(*) Séance du 30 juin 1952.

279 mg. Leur taux de matière sèche, assez peu variable, oscille entre 25 et 33 % du poids frais. Voici pour chacune d'entre elles, en commençant par la plus élevée, leur taux de protides dosé sur de petits fragments prélevés à six niveaux différents.

Protides % du poids frais.

	Limbe.			Gaine.		
	Haut.	Milieu.	Bas.	Haut.	Milieu.	Bas.
1re feuille	12,1	10,9	8,7	5,1	4,5	3,5
2e »	10,1	8,5	6,6	3,9	3,5	2,9
3e »	7,6	6,5	5,3	2,7	2,6	2,5
4e »	7,2	4,9	4,0	2,3	2,2	2,0

La feuille la plus élevée est aussi la plus riche : les suivantes n'atteignent respectivement que 75, 60 et 45 % de sa richesse. Cependant chaque feuille garde entre ses parties un équilibre comparable. Quelle que soit la feuille, si nous faisons égal à 100 le taux protidique du bas du limbe, le milieu du limbe voisinera 125, le sommet de la gaine 57, le milieu 52 et la base 45 : le sommet du limbe plus variable se situera entre 140 et 180.

Cet équilibre précis est caractéristique de l'épiaison, instant où les feuilles sont les plus riches en protides. Depuis le début de la levée, chaque feuille s'enrichit à mesure qu'elle se développe, dépassant le taux de la feuille qui l'enveloppe dès qu'elle l'a dépassée en taille et s'établissant à un niveau de 20 à 30 % supérieur.

Quand l'équilibre de fructification s'installe, le limbe de la feuille se vide partiellement en commençant par le sommet : le milieu, puis le bas du limbe devient la partie la plus riche, tandis que s'effondrent les taux et qu'augmente l'écart entre les feuilles, les plus anciennes se vidant le plus vite.

Protides % du poids frais.

	Limbe.			Gaine.		
	Haut.	Milieu.	Bas.	Haut.	Milieu.	Bas.
Fin floraison : 1re feuille	9,9	10,5	9,7	–	–	3,6
Stade laiteux { 1re »	7,0	8,1	6,6	4,6	3,7	3,1
Stade laiteux { 2e »	5,4	6,1	5,8	3,9	3,7	2,3

Le déficit d'azote dans le sol ne modifie guère cet équilibre. Il diminue dans la croissance l'écart entre les taux protidiques des feuilles, tandis que dans l'équilibre de fructification il accélère la chute des taux, l'écart entre les feuilles et leur dépérissement : les feuilles privées d'azote vieillissent beaucoup plus vite. L'équilibre n'est pas changé, mais seulement la rapidité de son évolution comme en témoignent les chiffres suivants sur la même variété manquant d'azote.

Protides % du poids frais.

		Limbe.			Gaine.		
		Haut.	Milieu.	Bas.	Haut.	Milieu.	Bas.
Stade épiaison	1re feuille	8,8	9,3	8,1	4,3	3,4	2,6
	2e »	6,9	6,8	6,0	3,4	3,2	1,5
Stade laiteux	1re »	5,1	5,6	5,0	2,9	2,7	2,0
	2e »	2,8	3,4	3,3	3,0	2,2	1,7

Chaque variété se meut dans un équilibre qui lui est propre. La variété Étoile de Choisy par exemple, étale moins les taux protidiques de sa feuille, mais surtout réagit différemment au manque d'azote. Au stade épiaison, une touffe de cette variété bien pourvue en azote voit les taux protidiques de ses épis atteindre une moyenne de 2,95 % en face de 2,55 pour Docteur Mazet; mal approvisionnées, la première variété tombe à une moyenne de 2,45, la deuxième à 2,30. Le reste du pied possède un taux de 2,30 pour les deux variétés bien alimentées en azote, tandis qu'également privées d'azote leur moyenne tombe à 1,80 pour la première et 1,47 pour la deuxième. Le déficit d'azote affecte surtout l'épi d'Étoile de Choisy, la tige et les feuilles de Docteur Mazet : de telles différences relèvent de la génétique.

CHIMIE VÉGÉTALE. — *Sur quelques constituants des semences de* Raphanus sativus *L.* Note de MM. **Antoine Sosa** et **Robert Dupéron**, présentée par M. Marcel Delépine.

On a isolé à partir de l'insaponifiable de l'huile de *Raphanus sativus* L. les composés organiques suivants : le *triacontane* et trois *stérols* : I ($C_{24}H_{40}O$, F 141-142°), II ($C_{20}H_{34}O$, F 138°), III ($C_{22}H_{36}O$, F 180-182°); une *base* et une *cétone*. De la fraction glucidique des semences on a obtenu le *saccharose* cristallisé et décelé par chromatographie sur papier : le *glucose*, le *fructose*, le *stachyose* et le *raffinose*.

L'huile de semences de Radis a déjà été étudiée : D'après Kartar Singh et Kumar (1948) elle est surtout riche en trioléine et en éruciodioléine. Ces auteurs ont trouvé dans l'insaponifiable un stérol cristallisé qu'ils ont pensé être du sitostérol (F 135°; dérivé acétylé, F 121°). En réalité, nous montrerons qu'il existe trois stérols au moins. La fraction glucidique a été peu étudiée : les sucres n'ont pas été identifiés (1) et les hétérosides sulfurés n'ont pas été isolés à l'état cristallisé (2). La formule de l'aglycone d'un glucoside sulfuré a été établie par Schmid et Karrer : $CH_3-SOCH=CH-CH_2-CH_2NCS$, son activité optique étant due au groupe asymétrique SO. Il semble que ce produit ait une activité antibiotique.

(1) R. Dupéron, *Thèse Doct. Sc.*, Paris, 1951.

(2) Schmid et Karrer (1948); Kartar Singh et Kumar (1948).

Nous avons traité les semences de *Raphanus sativus* L. var. radicula (National de Vilmorin) par l'alcool à 95° bouillant. L'extrait alcoolique est ensuite épuisé par l'éther : on obtient ainsi un résidu sirupeux contenant les glucides (B) et une solution éthérée renfermant une huile (Rdt 37,5 %). Cette huile est saponifiée par la potasse alcoolique et l'on obtient l'insaponifiable correspondant (A)(= 0,76 % de l'huile).

INSAPONIFIABLE (A). — Il est débarrassé par SO_4H_2 dilué d'une faible *fraction basique* (3) et traité par le chlorure de triméthylacéthydrazide-ammonium (réactif T de Girard et Sandulesco). On obtient ainsi une faible *fraction cétonique* [0,8 % de l'insaponifiable (A_1)] et une *fraction non cétonique* (A_2) représentant les 4/5 de l'insaponifiable total. La *fraction cétonique* (A_1) est dissoute dans le benzène et chromatographiée sur Al_2O_3 n° 3. Les fractions obtenues ayant une réaction cétonique positive au *m*-dinitrobenzène sont réunies et transformées en semicarbazone. Celle-ci après cristallisations répétées fond à 216-218°. La *cétone* est récupérée par hydrolyse acide en milieu hydroalcoolique (recueilli : quelques milligrammes). Cette cétone est difficilement cristallisable, mais présente une réaction positive au *m*-dinitrobenzène. Elle donne facilement une 2.4-dinitrophénylhydrazone cristallisée, fondant à 240-242°

Fraction non cétonique (A_2). — De la solution benzénique, chromatographiée plusieurs fois sur Al_2O_3 n° 2, on sépare de nombreuses fractions que l'on peut classer par ordre d'élution en trois groupes : 1° hydrocarbures incolores; 2° pigments (+ stérol III, F 180°); 3° stérols (fraction la plus abondante).

1° Du mélange d'hydrocarbures nous avons isolé par chromatographie et cristallisations répétées dans l'acétone + éther de pétrole (3:1), de belles lamelles nacrées fondant à 66-66°,5. Analyse % (4) C 85,7; H 14,9; calculé pour $C_{30}H_{62}$, C 85,22; H 14,78. C'est du *triacontane*.

2° La fraction moyenne contient surtout la matière colorante. Chromatographiée en solution dans l'hexane, elle donne un corps huileux coloré en rouge foncé : ce n'est pas un caroténoïde. Par réduction avec l'hydrogène naissant on obtient une réaction flavonique faiblement positive. Avec la soude le pigment donne une coloration orangée. Immédiatement après le pigment une substance stérolique est éluée (réaction de Liebermann et de Whitby positives). Après purification elle fond à 180-182°. C'est le *stérol* III : $C_{22}H_{36}O$ F 180-182°, analyse % : trouvé, C 83,96; H 11,58; calculé, C 83,34; H 11,47. acétate, F 255-257°.

(3) Cristallisée dans l'alcool : 9 mg, F 130-131°, réaction d'Erdmann : coloration brun orangé.

(4) Les dosages de C et H ont été faits par M. Karkoff (triacontane, stérols I et III, saccharose) (Laboratoire de Chimie, Muséum) et par la section de Microanalyse du Laboratoire municipal de Paris (stérol II).

3° La dernière fraction est plus abondante; elle est constituée notamment par deux stérols : *stérol* I ,F 141-142°; *stérol* II, F 138°.

Le stérol I est de beaucoup le plus abondant et pendant la séparation chromatographique est élué après le stérol II. Tous les deux ont été recristallisés jusqu'à constance dans leurs propriétés.

Stérol I : $C_{24}H_{40}O$. — Tablettes, F 141-142°; $[\alpha]_D^{18}$ — 36°; $[\alpha]_V^{18}$ — 44°,7 (dans $CHCl_3$). Il possède une double liaison. Analyse %, C 83,51; H 11,74; I.I. 67; calculé, C 83,65; H 11,70, I.I. 73. Acétate : F 135°, $[\alpha]_D$ 42°,7. Benzoate, F 140°.

Stérol II : $C_{20}H_{34}O$. — Fines aiguilles, F 138°. Analyse %, C 82,40; H 11,98; calculé, C 82,69; H 11,80.

GLUCIDES. — Une petite quantité du résidu sirupeux initial (B) contenant les glucides, est mise en solution dans H_2O et une partie de cette solution est déféquée au sous-acétate de Pb. Avec la solution déféquée et avec la solution non déféquée on a réalisé plusieurs chromatographies sur papier Whatman n° 1.

Différents mélanges développants ont été utilisés : butanol-acétate d'éthyle-eau (1 : 1 : 1), butanol-acide acétique-eau (4 : 1 : 5), butanol-éthanol-eau (4 : 1,1 : 1,9). Dans chaque cas les solutions aqueuses donnent après révélation (*p*-anisidine, urée), cinq taches caractéristiques des sucres suivants (ordonnés selon leur R_f croissant) : 1° un tétraholoside, le *stachyose*; 2° un triholoside, le *raffinose* ou le gentianose (R_f trop voisins pour les différencier); un diholoside, le *saccharose*; 4° un aldohexose, le *glucose*; 5° un cétohexose, le *fructose* (traces).

Pour identifier le triholoside on a soumis la solution glucidique à une hydrolyse ménagée ($CH_3—CO_2H$ à 20 %, 100°). On obtient ainsi : Raffinose → mélibiose + fructose; gentianose → gentiobiose + fructose; tandis que le stachyose donne → manninotriose + fructose. Après élimination du $CH_3—CO_2H$, on chromatographie et l'on obtient la tache du manninotriose, celle du mélibiose (ce qui montre que le triholoside doit être du raffinose) et celles du glucose et du fructose.

Les semences de radis contiennent donc du *stachyose*, du *saccharose*, du *glucose*, du *fructose* (traces) et du *raffinose*.

Isolement du saccharose. — L'extrait glucidique (B), traité par l'acétone, est repris par l'alcool à 95° bouillant, dans lequel cristallise le *saccharose* : F 182°, $[\alpha]_D$ + 66,2° (eau). Analyse %, C 42,3; H 6,7; calculé, C 42,1; H 6,4. Pas d'abaissement de point de fusion avec du saccharose pur.

CHIMIE VÉGÉTALE. — *Gelsémine, gelsémicine, strychnine et formosanine.* Note de M. **Raymond-Hamet**, présentée par M. Auguste Chevalier.

Lorsque la très grande similitude des spectres d'absorption dans l'ultraviolet (ou U. V.) de la gelsémine et de la formosanine-alcaloïde cristallisé

découvert par nous dans l'*Ourouparia formosana* Matsumura et Hayata nous eût incité à admettre que ces deux alcaloïdes possèdent le même groupement chromogène, nous ignorions la nature chimique de ce dernier. En effet, bien que la parenté chimique de la gelsémine et de la strychnine ait été affirmée par tant d'auteurs que les toxicologistes ont dû s'ingénier à trouver des réactions colorées permettant de distinguer ces deux alcaloïdes, bien que, récemment, MM. Janot et A. Berton aient même affirmé la *similitude frappante* des spectres d'absorption U. V. de la gelsémine et de la strychnine et en aient déduit que ces deux bases doivent avoir *une constitution voisine*, nos observations personnelles nous avaient révélé que, si le

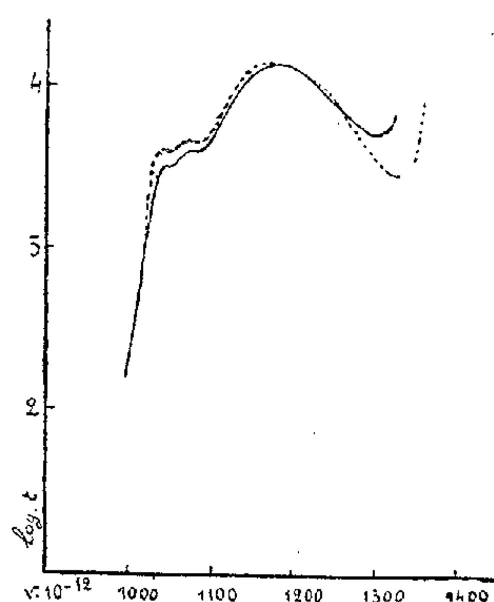


Fig. 1.

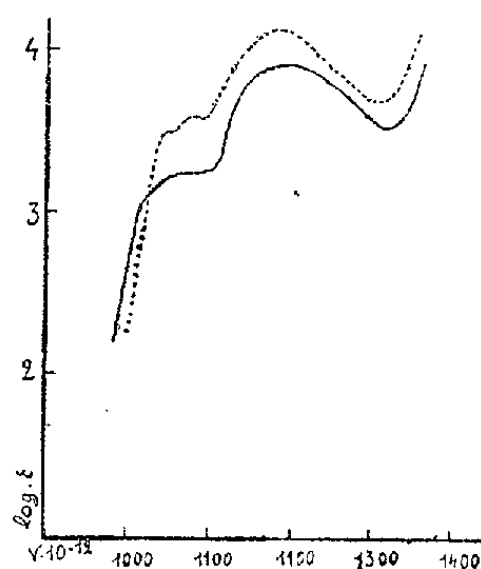


Fig. 2.

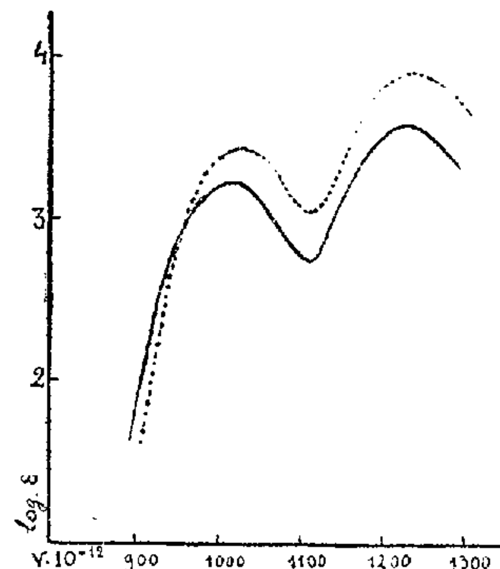


Fig. 3.

Fig. 1. — ——— Strychnine (hydrochlorique) puriss. préparée par Leuchs (sol. alcoolique).
Maxima : 1043 1075 1181 Minima : 1053 1091 1299
------ N-acétylcarbazoline préparée par Prelog (sol. alcoolique).
Maxima : 1034 1068 1185 Minima : 1047 1087 1324

Fig. 2. — ——— Gelsémine (hydrochlorique) préparée par Chou (sol. alcoolique).
Maxima : 1060 1190 Minima : 1089 1316
------ Strychnine (hydrochlorique) puriss. préparée par Leuchs (sol. alcoolique).
Maxima : 1043 1075 1121 Minima : 1053 1091 1299

Fig. 3. — ——— Tétrahydrodésosygelsémine préparée par Marion (sol. alcoolique).
Maxima : 1020 1234 Minimum : 1115
------ Carbazoline préparée par Prelog (sol. alcoolique).
Maxima : 1027 1240 Minimum : 1113

spectre d'absorption U. V. de la strychnine ressemble tellement à celui de la N-acétylcarbazoline (*fig.* 1) que l'on ne peut douter de l'identité du chromogène de ces deux substances, il diffère trop de celui de la gelsémine pour que l'on soit en droit d'admettre que le chromogène de cette dernière est le même que celui de la strychnine (*fig.* 2). Depuis lors, M. Kates et L. Marion ont pu montrer, qu'en effet, le système nucléaire fondamental de la gelsémine est non point la N-acétylindoline, mais l'oxo-2-indoline; ils ont, en outre, admis hypothétiquement que la tétrahydrodésosygelsémine procède de la gelsémine par la réduction en un groupement

méthylène du carbonyle de cette dernière. En faveur de cette hypothèse, nous avons trouvé un argument dans la constatation de la similitude des spectres d'absorption U. V. de cette tétrahydrodésosygelsémine et de la carbazoline (*fig.* 3).

Remarquons ici que la gelsémicine, alcaloïde découvert par T. Q. Chou dans le *Gelsemium sempervirens* Aiton et qui, après avoir été vainement cherché dans cette Loganiacée par un élève de M. M. Janot ([1]), y a été retrouvé par W. G. C. Forsyth, S. F. Marrian et T. S. Stevens, possède un spectre d'absorption U. V. très différent de celui de la gelsémine (*fig.* 4). D'ailleurs, les réactions colorées, en particulier celles avec le fructose et

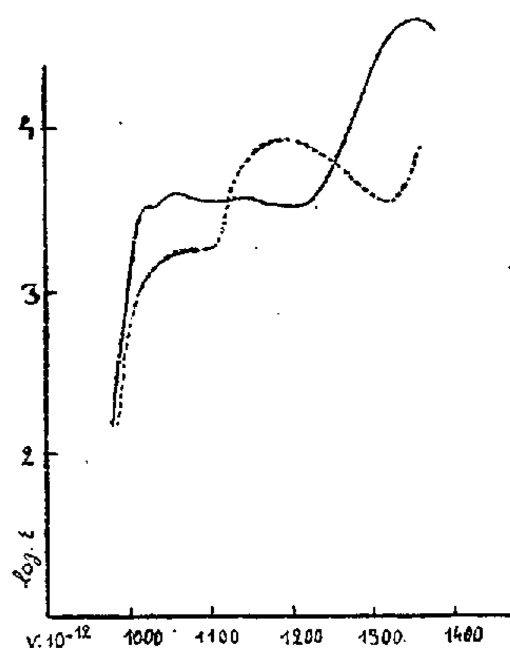


Fig. 4.

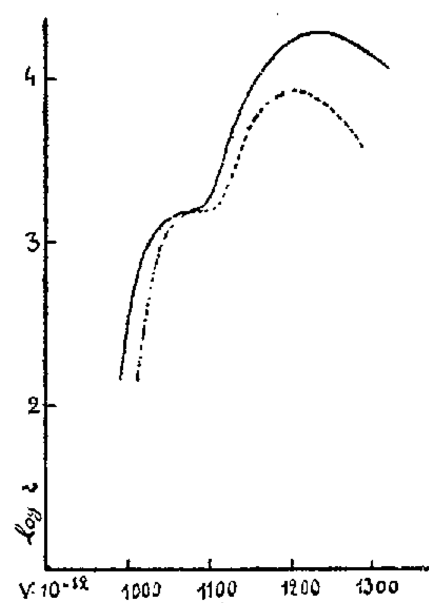


Fig. 5.

Fig. 4. — ——— Gelsémicine préparée par Chou (sol. alcoolique).
Maxima : 1027 1056 1154 1351 Minima : 1031 1103 1169
------ Gelsémine (hydrochlorique) préparée par Chou (sol. alcoolique).
Maxima : 1060 1190 Minima : 1089 1316

Fig. 5. — ——— Formosanine préparée par nous (sol. alcoolique).
Maxima : 1060 1232 Minimum : 1083
------ 3-3-diméthyloxoindoline préparée par Marion (sol. alcoolique).
Maxima : 1075 1205 Minimum : 1095

l'acide chlorhydrique (coloration rouge violet passant à une teinte intermédiaire entre le rouge violet et le violet avec la gelsémicine, pas de coloration avec la gelsémine) et avec le chloral et l'acide sulfurique (coloration intermédiaire entre le bleu violet et le violet avec la gelsémicine, pas de coloration avec la gelsémine) et aussi celles avec le réactif de Voisenet et avec celui de Hopkins et Cole modifié par Hampshire et Page, permettent, non seulement de distinguer facilement ces deux alcaloïdes, mais encore de tenir la gelsémicine pour une base réellement indolique.

([1]) M. Ferreira, *Contribution à l'étude des alcaloïdes du* Gelsemium sempervirens *Ait* (*Thèse pharm.*, Paris, 1941).

Ayant pu comparer les spectres d'absorption U. V. de la formosanine et de la 3.3-diméthyloxoindoline et nous assurer de leur très grande similitude (*fig.* 5), nous nous croyons autorisé à admettre que la formosanine est un alcaloïde oxoindolinique.

PATHOLOGIE VÉGÉTALE. — *Recherches sur la croissance des plantes virosées : virus et auxines.* Note de M. **Jean Pavillard**, présentée par M. Raoul Combes.

L'étude des variations simultanées de la taille, du nombre de feuilles, des poids de substance sèche et fraîche, et de la teneur en auxine de Tomates inoculées par la mosaïque du Tabac montre que la teneur en auxine suit une évolution comparable à celle de la taille, diminuant sensiblement dès que le virus a achevé son expansion. A l'apparition des premiers symptômes, la teneur en auxine des plantes virosées est très nettement plus faible que celle des plantes témoins.

Une particularité commune à de nombreuses maladies à virus est la réduction de la taille des plantes infectées. Étant donné le rôle que jouent les auxines dans la croissance, on devait rechercher si, dans ces maladies, les plantes virosées présenteraient une teneur en substances de croissance moindre que les plantes saines, et, dans l'affirmative, en préciser les modalités.

Jahnel, Lucas, Söding et Funke ([3]) ont noté chez des Pommes de terre atteintes d'*enroulement* ou d'autres *maladies à complexes de virus*, une diminution de la quantité d'auxine diffusant des tissus. D'autre part, Griève ([1]) a trouvé que les feuilles de Tomates atteintes de la *maladie bronzée* contenaient moins d'auxine extraite par l'éther que les feuilles de plantes saines, et indiqué que cette réduction était décelable assez peu de temps après l'apparition des symptômes caractéristiques.

Il était nécessaire de fixer le moment où apparaît cette chute de la teneur en auxine et de relier cette étude d'une part à la progression du virus dans les tissus des plantes infectées expérimentalement, à l'apparition du « *nanisme* » d'autre part.

J'ai inoculé des lots importants de Tomates « *Merveille des Marchés* » avec une souche de *virus de la Mosaïque du Tabac*, au niveau de la 6ᵉ-7ᵉ feuille (comptée depuis la base) de plantes au stade 6-7 feuilles. Les lots témoins étaient pareillement traités au sérum physiologique, pour éliminer toute réaction des plantes à l'inoculation par friction. La *détection* du virus et son *expansion dans les tissus* pendant la période d'incubation ont été faites par la *microméthode sérologique* de Limasset et Augier de Montgremier ([2]); les

([1]) *Austral. J. Exper. Biol.*, 21, 1943, p. 89-101.
([2]) *Ann. Epiphy.*, 13, 1947, p. 173-185.
([3]) *Rev. Gén. Bot.*, 56, 1949, p. 541-564.

dosages d'auxine par le test *Avena-standard*, sur des extraits à l'éther obtenus par la méthode de Van Overbeek [*voir* Jean Pavillard ([3])].

Le tableau ci-dessous rassemble les résultats obtenus, exprimés pour chaque variable (taille, poids, nombre moyen de feuilles, teneur en auxine) par le rapport :

$$\frac{\text{Valeur obtenue pour une plante virosée}}{\text{Valeur correspondante pour le témoin}}.$$

Stades	Inoculation.	Incubation.				Maladie déclarée.		
Nombre de jours après inoculation	0	2	4	7	9	11	14	18
Diagnostic	–	A(*)	B	C	D	X(**)	Y	Z
Taille	100	–	100,4	98,9	98,7	94,4	91,3	91
Nombre de feuilles	100	–	100	–	100	98,8	98,8	97,6
Poids frais	97,7	92	108	88	100,7	88,2	76	92
Poids sec	97,2	86,2	111	91,8	101,4	95,5	–	92,7
Teneur en auxine	–	97	125	97	90,7	67	61	38

(*) *Localisation* (microméthode sérologique) : A, seule la feuille inoculée présente une réaction positive (+); B, toutes les jeunes feuilles au-dessus de la feuille inoculée et toute la tige : +; C, toute la plante, sauf la plus basse feuille : +; D, expansion du virus terminée.

(**) *Symptômes apparents* : X, premiers symptômes : rugosité des jeunes feuilles; Y, aggravation des symptômes, forte réduction du bourgeon terminal; Z, maladie sévère avec début de nécrose de la feuille inoculée.

1. Les résultats de Griève sont confirmés avec un virus différent. Il semble désormais que l'une des *particularités physiologiques* les plus nettes des maladies à virus soit la *réduction du taux d'auxine* qu'on peut extraire aussi bien par diffusion que par solvants.

2. Cette réduction *apparaît très tôt*, dès la fin de la phase d'expansion du virus, et est bien établie au moment où les premiers symptômes morphologiques permettent le diagnostic.

3. Les variations les plus concordantes sont celles de la *taille et de la teneur en substances de croissance*. Mais il n'y a pas cependant *corrélation stricte* ; la teneur en auxine décrit des oscillations d'une amplitude bien supérieure à celles enregistrées pour la taille. Il n'y a que *parallélisme*, et le mécanisme conduisant au « *nanisme* » reste encore à élucider.

4. La sévérité de l'atteinte est due au fait que l'inoculation a eu lieu très près du bourgeon terminal, à une époque (mai) où la vitesse de croissance est très grande. L'expansion du virus s'effectue cependant à un rythme normal et les résultats sont tout à fait comparables à ceux rapportés par Panos ([4]). En liant la chute particulièrement sensible de la teneur en auxine à la présence de symptômes graves on doit pouvoir analyser l'influence de l'auxine sur l'organogénèse foliaire.

([4]) *Ann. Epiphy.*, 14, 1948, p. 297-314.

PHYSIOLOGIE. — *L'action des protides sur les échanges de l'organisme refroidi.* Note de MM. **Jean Giaja** et **Vojin Popović**, présentée par M. André Mayer.

L'augmentation des échanges produite par les protides alimentaires (« action dynamique spécifique ») se retrouve, plus prononcée encore, chez le Rat rendu poïkilotherme par refroidissement à 15°.

On sait que les protides alimentaires élèvent l'intensité des échanges par rapport au métabolisme de base. Si l'on introduit dans l'organisme, sous forme de protides, exactement le nombre de calories dégagées dans le jeûne à la neutralité thermique, on constate une augmentation de la calorification de 30 % environ. C'est le phénomène de « l'action dynamique spécifique » de Rubner. Cette action se manifeste à peu près dans le même rapport lorsque la quantité de protides alimentaires dépasse les besoins caloriques du jeûne (1). En donnant au Rat, après une courte période de jeûne, de la viande à satiété, on constate qu'au bout d'un certain temps ses échanges à la neutralité thermique (30-32°), mesurés par la consommation d'oxygène, s'en trouvent augmentés d'environ 40 %. Cet effet de l'aliment protidique sur l'intensité des échanges se fera-t-il sentir également chez le Rat rendu poïkilotherme par refroidissement ? Par notre méthode de confinement, nous abaissons la température du Rat à environ 15°. Dans cet état de poïkilothermie expérimentale, les échanges tombent à un niveau très bas. Ce niveau sera-t-il différent selon que le sujet a été refroidi à jeun ou après un repas de viande ?

Dans nos expériences, les rats étaient préalablement adaptés à un même milieu thermique (environ 30°). Précaution indispensable, puisque nous avons montré (2) que l'intensité des échanges de l'animal refroidi, tout comme de l'animal à température normale, dépend de la température ambiante d'acclimatation. Privés de nourriture pendant plusieurs heures, on mesure leur métabolisme de base, puis on leur donne ensuite de la viande maigre de bœuf, cuite. Ce n'est que 3 à 5 h après l'ingestion que l'on procède à la mesure, durant 1 h environ, de la consommation d'oxygène du Rat, soit à l'état d'euthermie, soit refroidi à 15°. Nous nous sommes assurés que c'est dans ces conditions d'alimentation, lorsque le contenu de l'estomac est à moitié évacué, que l'effet des protides ingérés se fait le plus sentir.

---

(1) M. Rubner, *Die Gesetze des Energieverbrauchs bei Ernährung*, Leipzig, Wien. Franz Deuticke, 1902, p. 344.

(2) *Comptes rendus*, 234, 1952, p. 1210.

Les mesures ont porté sur 7 rats en euthermie et sur 14 rats refroidis à 14,5-16°, à jeun et alimentés. Les valeurs moyennes suivantes de la consommation d'oxygène ont été obtenues :

Consommation d'oxygène (cm^3 par kg/h).

	Viande (A).	A jeun (B).	A-B.	Augmentation (%).
Rats à température normale......	1732	1203	529	40
Rats refroidis à 14, 5-16°........	338	150	188	125

Tandis qu'à l'état d'euthermie l'aliment protidique a produit une augmentation des échanges de 40 % par rapport au jeûne, à l'état de poïkilothermie, l'augmentation était de 125 %. L'effet des protides sur la consommation d'oxygène se manifeste donc également dans l'organisme refroidi et même beaucoup plus fortement que dans l'organisme à température normale. De sorte que par la baisse de la température du sujet de 37 à 15° le métabolisme de l'inanition est réduit à 12 %, tandis que dans les mêmes conditions, le métabolisme dans l'alimentation protidique a conservé 35 % de sa valeur dans l'euthermie.

Ces constatations indiquent à quel point l'action dynamique des protides est profonde, puisqu'elle n'est pas affaiblie, au contraire même, dans l'ensemble des échanges, ni par la suppression du mécanisme de la thermorégulation, ni par les déficiences organiques de l'état de poïkilothermie expérimentale. Ce fait est à rapprocher de celui que nous rappelions au début de cette Note, à savoir que l'on retrouve, chez l'organisme refroidi, l'effet de l'acclimatation thermique sur l'intensité des échanges de l'homéotherme. D'autre part, c'est une contribution à la connaissance de la physiologie de la poïkilothermie expérimentale : les protides alimentaires font plus que doubler l'intensité des oxydations de l'organisme à sang chaud rendu poïkilotherme par une profonde hypothermie.

HISTOPHYSIOLOGIE. — *Particularités histochimiques de l'organe de Hanström (organe X) et de la glande du sinus chez quelques Crustacés décapodes.* Note de M. **Manfred Gabe**, présentée par M. Pierre-P. Grassé.

L'organe X des Crustacés décapodes contient, en grande abondance, un glucide décelable par la réaction de Hotchkiss; dans la glande du sinus, on trouve une quantité moindre d'un composé doté des mêmes particularités histochimiques et différent des grains de sécrétion acidophiles élaborés par ce dernier organe.

La plupart des auteurs actuels considèrent, à la suite des travaux de Hanström [1], la glande du sinus comme étant l'organe endocrine principal

[1] *Kungl. Svenska Vetenskapsakad. Handl.*, (3), 16, 1937, p. 1-99.

du pédoncule oculaire des Crustacés décapodes et lui attribuent l'élaboration de principes actifs sur les mouvements des chromatophores, sur les phénomènes de la mue et sur diverses fonctions métaboliques. Le rôle endocrine du massif cellulaire décrit par Hanström ([2]) sous le nom d'organe X a été envisagé à de nombreuses reprises, mais de façon beaucoup moins formelle. Or, des recherches récentes ([3]), ([4]) ([5]) tendent à faire jouer le rôle principal dans l'élaboration des « hormones pédonculaires » à l'organe X de Hanström et la glande du sinus ne serait, pour les auteurs de ces travaux, qu'un centre de stockage du produit de sécrétion. L'anatomie microscopique de ces organes est bien connue à l'heure actuelle, de même que la présence d'un produit de sécrétion dans les deux formations, mais leurs particularités histochimiques sont à peu près inconnues.

Des recherches sur l'histophysiologie des glandes céphalo-thoraciques des Crustacés péracarides, actuellement en cours, m'ont amené à examiner, en vue de la comparaison, les glandes endocrines du pédoncule oculaire chez 15 espèces de Crustacés décapodes (*Crangon vulgaris* Fabr., *Athanas nitescens* Leach, *Leander serratus* Fabr., *Palæmonetes varians* Leach, *Cambarus affinis* Say, *Gebia littoralis* Risso, *Galatea strigosa* L., *Porcellana platycheles* Penn., *Eupagurus bernhardus* L., *Eupagurus prideauxi* Leach, *Clibanarius misanthropus* Risso, *Diogenes pugilator* Hell., *Pachygrapsus marmoratus* Stemp., *Carcinides mænas* Penn., *Cancer pagurus* L.); il me paraît opportun de rapporter sommairement mes constatations d'ordre histochimique.

La glande du sinus est totalement dépourvue de *ribonucléines pyroninophiles* chez toutes les espèces étudiées; l'organe de Hanström en est très pauvre. La coloration au vert de méthyle-pyronine ne montre, dans les cellules de l'organe X, que de rares grains pyroninophiles, visibles seulement aux plus forts grossissements.

La recherche des *lipides osmiophiles* et celle des *lipides Ciaccio-positifs* restent également négatives dans ces deux organes; l'examen des spodogrammes montre leur faible teneur en *matières minérales totales*.

Les cellules de l'organe de Hanström contiennent une petite quantité de glycogène; la glande du sinus en est dépourvue.

La principale particularité histochimique de l'organe de Hanström est sa richesse en un glucide Hotchkiss-positif différent du glycogène. En effet, la réaction de Hotchkiss-Mc Manus aboutit à la mise en évidence élective de cet organe et ceci même sur des coupes traitées, au préalable, par

([2]) *Psychiatr. en neurol. Bladen*, 4, 1934, p. 3.
([3]) D. E. Bliss, *Anat. Rec.*, 111, 1951, p. 86.
([4]) L. M. Passano, *Anat. Rec.*, 111, 1951, p. 86.
([5]) J. H. Welsh, *Anat. Rec.*, 111, 1951, p. 26.

l'amylase salivaire ou provenant d'un matériel fixé par un liquide qui ne conserve pas le glycogène. Les cytoplasmes des cellules de l'organe X sont colorés en rouge violacé et le produit lui-même recolore fortement la leucofuchsine; la stratification des boules de sécrétion, bien mise en évidence par Hanström, apparaît aussi nettement qu'après emploi d'un colorant acide. Les résultats sont identiques chez les espèces dont l'organe de Hanström est situé à l'intérieur du pédoncule oculaire et chez celles dont l'organe X se trouve dans le céphalothorax (*Athanas nitescens*, *Porcellana platycheles*, *Gebia littoralis*). Chez *Cambarus affinis*, la réaction de Hotchkiss colore intensément les cellules considérées par Welsh ([6]) comme représentant l'organe X.

Quant à la glande du sinus, la réaction de Hotchkiss-Mc Manus, suivie de coloration de fond par la trioxyhématéine ferrique-picro-indigocarmin aboutit à la mise en évidence de deux produits de sécrétion différents. Le réactif de Schiff est recoloré au niveau de grains ou de traînées irrégulières, assez rares chez les individus fixés au cours des premiers stades du cycle d'intermue [stades A, B et C de Drach ([7])]. Ces inclusions sont nettement plus abondantes au cours du stade D, préparatoire à la mue. A côté de ces formations Hotchkiss-positives, l'acide picrique du picro-indigocarmin colore nettement les nombreux grains acidophiles, dont la présence dans la glande du sinus est classique depuis les travaux de Hanström.

Les résultats exposés ci-dessus permettent d'affirmer la présence, dans l'organe de Hanström, d'un glucide oxydable en 1.2-glycol par l'acide periodique. Ce caractère histochimique n'est d'ailleurs pas limité aux Décapodes. J'ai pu vérifier que l'organe X (organe de Bellonci) des Isopodes marins, récemment étudié par Amar ([8]), contient également un glucide Hotchkiss-positif et l'emploi de cette technique m'a permis de trouver, chez 9 espèces d'Oniscoïdes, un organe X qui n'avait pas encore été signalé.

Les résultats de la réaction de Hotchkiss sont en faveur d'un transport de substance de l'organe de Hanström vers la glande du sinus. Des gouttelettes Hotchkiss-positives peuvent être décelées le long du nerf de la glande du sinus et le produit Hotchkiss-positif à l'intérieur de ce dernier organe se présente souvent en traînées noueuses, qui rappellent le cheminement d'un produit neurosécrétoire le long des axones. Cependant, l'existence, dans la glande du sinus, d'un deuxième produit de sécrétion, dépourvu de glucides Hotchkiss-positifs, est absolument certaine et, de ce fait, la glande du sinus ne peut être considérée comme un simple organe de dépôt.

([6]) *J. exper. zoology*, 86, 1941, p. 135.
([7]) *Thèse Sciences*, Paris, 1939.
([8]) *Thèse Sciences*, Paris, 1950.

PSYCHOPHYSIOLOGIE. — *Sur certains caractères d'une rétention d'habitudes par* Blatella germanica. Note de MM. **Michel Goustard** et **Louis-Pierre Le Bigot**, présentée par M. Pierre-P. Grassé.

Les travaux effectués au cours des dernières années sur la Blatte ont permis de mettre en évidence des phénomènes de rétention d'habitudes chez cet Insecte. La méthode employée dans ces études est celle du labyrinthe.

Le labyrinthe utilisé, rappelons-le, se compose d'une allée centrale portant de part et d'autre cinq culs-de-sac équidistants se faisant face. Il est éclairé par une lampe de 200 W dont on fait varier la place suivant le type d'expérience réalisé. Une Blatte donnée déposée à une extrémité du labyrinthe doit le parcourir de manière à entrer dans un abri situé à une autre extrémité.

Chaque groupe d'expériences porte sur 20 sujets.

1. Lorsque la lampe éclaire la portion médiane du labyrinthe, une rétention commence à se manifester, en ce sens qu'après un intervalle de repos, la courbe d'élimination des culs-de-sac ou « erreurs » montre la même décroissance entre les deux parties de l'expérience et qu'il se manifeste entre ces parties une *stabilisation du nombre d'erreurs*. Ce phénomène a été mis en évidence par Viatte (1) et Goustard (2), ces auteurs utilisant d'ailleurs des techniques différentes.

Mais, si la lampe est placée au-dessus de l'abri, comme Goustard (3) l'a montré, la rétention revêt un caractère particulier :

La courbe d'élimination des erreurs décroît dans la deuxième partie des expériences, comme si celles-ci n'avaient pas été interrompues par la période de repos. Ce phénomène qui a déjà été mis en évidence chez les Vertébrés, porte le nom de *réminiscence*.

2. La période de repos séparant chaque partie joue un rôle primordial dans ce phénomène. En effet, si on laisse reposer les Blattes une demi-heure entre chaque série, chacune des séries *comprenant dix expériences*, c'est-à-dire dix sorties de la Blatte sur le labyrinthe, la courbe d'élimination des erreurs est moins bonne que si la période de repos est de 1 ou de 2 h. La réminiscence est hautement significative dans chacun de ces cas; mesurée par le t de Student, on obtient, pour une demi-heure, $t = 4{,}8$; pour 1 h, $t = 11$; pour 2 h, $t = 19$. La différence entre la moyenne des erreurs de la première et de la deuxième partie dans chacun de ces cas

---

(1) *L'année psychologique*, 49e année, 1950, p. 251-272.
(2) *Revue Scientifique*, 1948, p. 419-423.
(3) *Experientia*, 1951, p. 156-160.

est de 8, 20, 23, c'est-à-dire que *la réminiscence s'accroît avec l'augmentation de la durée du repos.*

3. Si chaque série expérimentale comprend *deux fois moins de sorties*, soit cinq sorties seulement *effectuées dans le même temps*, pour une demi-heure de repos entre les deux séries, nous obtenons un t qui est égal à 5,6; pour 1 h de repos, $t = 6,3$; après 2 h de repos, $t = 5,4$. La différence entre la moyenne des erreurs est de 12, 19, 26. La rétention est donc supérieure si la Blatte est testée deux fois moins.

4. Enfin, si chaque série expérimentale ne comprend que *trois sorties*, on obtient les résultats suivants. Le $t = 6,2$ pour une demi-heure de repos; 5,1 pour 1 h et seulement 1,5 pour 2 h, c'est-à-dire que pour un intervalle de repos de 2 h la réminiscence n'existe plus; la différence entre la moyenne des erreurs d'une série à l'autre est de 21, 33 et 10.

Le fait de ne tester la Blatte, dans un laps de temps donné, qu'un petit nombre de fois (*exercice distribué*) donne une rétention de beaucoup supérieure à celle que l'on obtient lorsque l'Insecte est testé un plus grand nombre de fois (*exercice groupé*) dans le même laps de temps. Ce résultat, d'après les vues de Hull (4), est lié à la variation de l'inhibition réactive.

Ainsi, sur le point particulier d'une rétention d'habitudes acquises, se manifeste une grande ressemblance entre les processus psychophysiologiques d'un Insecte inférieur et ceux qui ont déjà été mis en évidence chez certains Vertébrés. Ces résultats ne sont pas sans importance puisque l'on assiste à des phénomènes analogues dans des classes où la structure neurophysiologique est très différente.

ENDOCRINOLOGIE. — *Sur l'existence de l'hormone hyperglycémiante du pancréas.* Note (*) de M. **Pierre Mialhe**, présentée par M. Pierre-P. Grassé.

De nombreux faits ont permis de supposer l'existence d'une hormone hyperglycémiante sécrétée par le pancréas : isolement des impuretés accompagnant l'insuline, extractions à partir du pancréas total de Mammifères, observations cliniques, etc.

Mais, à notre connaissance, seuls Cavallero et Malandra (1) ont apporté une preuve directe de la nature hormonale de ce facteur, en montrant sa présence dans des extraits désinsulinés de pancréas de Lapins à canaux excréteurs ligaturés (donc à tissu exocrine dégénéré).

Nous avons pensé qu'il serait intéressant de rechercher cette substance

---

(4) *Principles of behavior*, New-York, Appleton Century, 1943.

(*) Séance du 30 juin 1952.

(1) *Boll. Soc. it. Biol. sper.*, 27, p. 1221.

dans les « îlots principaux » de Téléostéens, d'où Mac Leod [2] avait extrait de l'insuline. Nos travaux ont porté sur des Thons (*Thunnus germo* Lacép.) pêchés au mois d'octobre, au large des côtes de Bretagne.

Chez ces animaux, l'îlot principal est fixé au canal cholédoque par une enveloppe conjonctive; c'est une masse ovoïde blanchâtre, qui pèse en moyenne 100 mg. Nous avons prélevé cet organe dès la capture du Poisson, et l'avons conservé dans l'alcool 60°, maintenu à basse température, jusqu'à son utilisation.

L'histologie par la méthode de Gomori montre la présence de deux sortes de cellules : des éléments à cytoplasme gris clair finement granuleux, qui correspondent, par leur coloration aux cellules β des Mammifères, et des cellules à cytoplasme plus foncé; parmi celles-ci, certaines sont remplies de granulations rouges, vraisemblablement identiques aux granulations α des Mammifères. Enfin, on note de rares travées acineuses.

Nous avons essayé différents modes d'extraction; c'est par l'un de ceux qu'indique de Waele [3] que nous avons obtenu le facteur hyperglycémiant. Après évaporation de l'alcool, les îlots sont broyés et traités par un mélange de sulfate d'ammonium en solution saturée, de chloroforme et d'acétate d'éthyle. Après séparation des deux phases, la partie aqueuse est dialysée à travers une membrane de collodion, pour éliminer le sulfate d'ammonium, puis évaporée à 45° jusqu'à obtention du volume désiré.

Nous avons injecté cet extrait par voie intraveineuse à des rats mâles de 200 à 250 g. Après un jeûne de 18 h, les animaux sont placés dans l'appareil de Kepinov [4]; l'injection et les prises de sang sont faites à la queue (une prise de sang avant l'injection, puis une toutes les 10 mn pendant 1 h, enfin deux prises 1 h 15 mn et 1 h 30 mn après l'injection). La glycémie est mesurée par la méthode de Hagedorn-Jensen. Pour éviter toute erreur, nous avions au préalable injecté à chaque rat une quantité de sérum physiologique égale au volume d'extrait qu'il devait recevoir, et vérifié que la glycémie restait sensiblement constante.

Ne disposant que de faibles quantités de pancréas, nous n'avons pu injecter notre substance qu'à quatre rats. Chacun a reçu l'extrait de 2 g d'îlots, dans des volumes de liquide allant de 0,25 à 2 cm^3. Dans tous les cas, nous avons obtenu une hyperglycémie dont le maximum dépasse de 30 à 80 mg de glucose/100 cm^3 de sang la glycémie basale et a lieu 40 à 60 mn après l'injection. 10 mn après l'injection, la glycémie commence à s'élever et, en général, elle n'a pas encore retrouvé sa valeur normale au bout de 1 h 30 mn.

---

(2) *J. metab. Res.*, 2, 1922, p. 149.
(3) *Arch. intern. Physiol.*, 55, 1948, p. 209.
(4) *J. Physiol.*, 44, 1952, p. 161.

En résumé, l'îlot principal du Thon contient une hormone hyperglycémiante; celle-ci doit être sécrétée par les cellules α, puisqu'il est démontré que les cellules β produisent l'insuline.

HÉMATOLOGIE. — *Répartition de l'hémoglobine en fonction de la forme disque ou sphère des érythrocytes.* Note (*) de MM. **Eric Ponder**, **Marcel Bessis** et **Michel Bricka**, transmise par M. Albert Policard.

Dans les globules rouges discoïdaux, l'hémoglobine résiduelle est contenue à la périphérie. Dans les formes en oursins, elle est située dans les spicules. L'hémoglobine résiduelle n'est pas entièrement liée au stroma.

Nous nous sommes posé le problème de la répartition de l'hémoglobine dans l'intérieur de l'érythrocyte en fonction de la forme disque ou sphère de la cellule.

Nous avons fait les expériences suivantes :

1° On prépare des érythrocytes contenant une quantité variable d'hémoglobine (hémoglobine résiduelle) en hémolysant un volume donné de sang par différentes quantités d'eau distillée.

2° Les cellules sont ensuite lavées dans une solution isotonique de chlorure de sodium, de manière à obtenir l'aspect classique des érythrocytes en « oursins-sphère ».

3° Dans certains tubes, on ajoute des substances susceptibles de rétablir la forme discoïdale normale (substances anti-sphérocytaires comme l'albumine, le glucose, le phénergan, etc.).

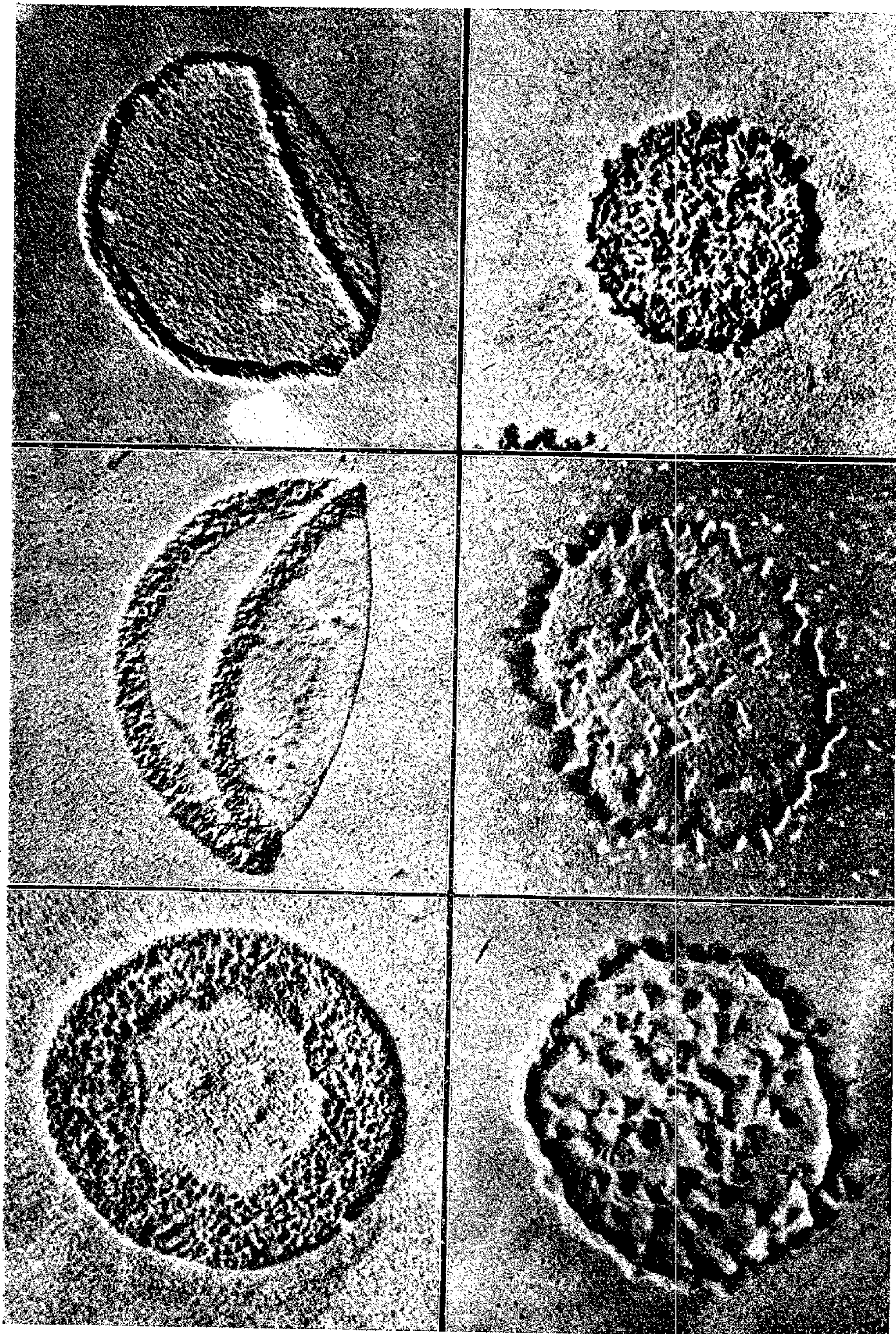
Ces différents aspects ont été examinés au microscope électronique après préparation suivant une technique déjà décrite [1].

La surface de l'anneau périphérique observé dans la forme disque varie avec la concentration en hémoglobine. Dans la forme oursin-sphère, l'hémoglobine résiduelle se distribue dans les spicules dont l'importance varie avec la quantité d'hémoglobine (voir *figure*). Les aspects observés au microscope électronique se retrouvent au microscope à contraste de phase ce qui écarte l'idée d'une cristallisation de l'hémoglobine due à la dessiccation.

En conclusion. — La répartition de l'hémoglobine dans le globule paraît liée à sa forme. Dans la forme discoïdale, elle se répartit en un anneau périphérique; dans la forme oursin-sphère, elle se distribue dans les spicules. Toute l'hémoglobine résiduelle n'est pas liée au stroma : elle peut se déplacer d'une manière réversible à l'intérieur du globule.

(*) Séance du 30 juin 1952.

[1] M. Bessis et M. Brika, *Rev. Hémat.*, 5, 1950, p. 396-427.



A gauche, formes discoïdales; à droite, formes en oursins.
La concentration d'hémoglobine augmente de haut en bas.

EMBRYOLOGIE CHIMIQUE. — *Chlorure de lithium et biochimie du développement embryonnaire.* Note (*) de M. **Roger Lallier**, présentée par M. Pierre-P. Grassé.

Le LiCl modifie le développement embryonnaire de *Rana fusca*, provoquant des hypomorphoses. Sur le plan biochimique on constate une inhibition partielle de la glycolyse anaérobique et de la respiration. Les déshydrogénases sont inhibées. Les particules sédimentables perdent une partie de leur acide ribonucléique chez les embryons traités.

L'action du chlorure de lithium sur le développement embryonnaire des Amphibiens provoque des altérations morphologiques importantes (cyclopie, microcéphalie) et des changements de la détermination tels que la transformation de matériel chordal en matériel somitique. Nous étudions ici la biochimie des embryons de *Rana fusca*, traités au stade de blastula avancée, par une solution de chlorure de lithium à 9 °/₀₀ pendant 3 h.

Une première conséquence est la réduction des ribonucléoprotéines cytoplasmiques, comme le montre la méthode au vert de méthyle pyronine, contrôlée selon Brachet par un test à la ribonucléase. Ce premier point acquis, il était intéressant d'étudier les systèmes énergétiques (glycolyse et respiration) liés à cette synthèse. L'étude de la glycolyse anaérobique par dosage direct de l'acide lactique (méthode de Barker et Summerson) donne les résultats suivants :

Quantité d'acide lactique libérée en anaérobiose par 50 gastrulas en 12,30 h : témoins, 444 γ; traités, 346,5 γ.

La glycolyse est inhibée de 21,9 % chez les traités.

Nous avons recherché parallèlement sur des systèmes enzymatiques isolés intervenant dans la glycolyse, le point d'action possible du LiCl.

Tandis que l'hexokinase et l'aldolase n'ont montré aucune modification d'activité, la triosephosphatedéshydrogénase est inhibée, l'ordre de grandeur de l'inhibition est du même ordre que celui observé chez l'embryon.

LiCl inhibe également la respiration comme l'indique l'expérience ci-dessous : QO_2 pour 100 gastrulas en 1 h à 21° C : témoins, 24,56 mm^3; traités, 19,13 mm^3 (inhibition, 22,1 %).

Le quotient respiratoire est identique chez les témoins et chez les traités.

L'addition de divers substrats (pyruvate, lactate, acétate, succinate, cétoglutarate, glutamate, malate et fumarate) à des embryons traités ne permet pas à ceux-ci de reprendre un développement normal ([1]). L'étude de la consommation d'oxygène nous montre, en outre, que les témoins

(*) Séance du 30 juin 1952.

([1]) R. Lallier, *Bull. Soc. Chim. biol.*, 32, 1950, p. 451.

présentent, en présence de substrat, un fort accroissement de leur consommation d'oxygène, contrairement aux embryons traités chez lesquels cet accroissement est réduit. Il existe donc un facteur limitant responsable de ce phénomène. Afin de le déterminer, nous avons effectué une série d'expériences en vue de mesurer l'activité du système cytochrome-cytochrome-oxydase et l'activité des déshydrogénases.

Activité cytochrome-cytochrome-oxydase (méthode de Stotz) (expérience sur homogénat) : QO_2 en 1 h à 25° C : témoins, 55,53 mm³; traités, 57,15 mm³.

Activité déshydrogénasique (méthode de Quastel) (expérience sur homogénat) : QCO_2 en 1 h à 25° C : témoins, 88,58 mm³; traités, 66,26 mm³ (inhibition, 25,2 %).

On constate que l'activité cytochrome-cytochrome-oxydase reste constante, tandis que l'activité déshydrogénasique subit, chez les traités, une inhibition de 25,2 %. On peut ainsi conclure que le système limitant la respiration chez les embryons lithinés, ainsi que l'accroissement d'oxygène après addition de substrat est représenté par les déshydrogénases.

Il est intéressant de rapprocher ces faits de ceux obtenus par l'étude des agents réducteurs porteurs de groupements SH et capables d'activer certaines déshydrogénases. C'est ainsi que Brachet et Rapkine (²) et Lallier (³) ont montré que des fragments ventraux de jeunes gastrulas d'axolotl traités par le thiomalate de sodium ont formé un système axial complet avec tube neural, chorde et somites. Les capacités morphogénétiques de tels fragments isolés sont fort réduites et limitées à la formation d'épiblaste, de mésoblaste latéral et d'entoblaste vitellin. Il s'agit donc ici d'une modification radicale de la détermination de ces territoires. Le rôle possible de l'activité déshydrogénasique est à envisager. Des faits analogues ont été retrouvés chez l'Oursin (animalisation par traitement au thiomalate de sodium) (⁴).

Une étude du système particulaire comprenant les mitochondries et les microsomes nous a montré chez *Rana fusca* que cette fraction considérée globalement subit des modifications notables chez les embryons traités au LiCl, ceux-ci présentant une diminution de l'acide ribonucléique lié à cette fraction particulaire, comme l'indique l'expérience ci-dessous :

Ac. ribonucléique sédimentable/Ac. ribonucléique total par embryon : témoin, 47,6 %; traités, 22,7 %.

Ac. ribonucléique sédimentable/N. total sédimentable : témoins, 67,9 %; traités, 46,2 %.

(²) *Bull. Soc. Chim. biol.*, 33, 1951 p. 427.
(³) *Bull. Soc. Chim. biol.*, 33, 1951, p. 439.
(⁴) R. Lallier, *Experientia* (sous presse).

Une diminution nette de la teneur en acide ribonucléique du système particulaire est observée chez les embryons lithinés.

Le traitement au LiCl conduit ainsi à une altération du système énergétique (déshydrogénases) et structural (mitochondries et microsomes). Ces deux faits doivent prendre leur signification dans la conception de la synthèse des protéines faisant intervenir ces systèmes et dont le rôle est prééminent dans le problème de la détermination.

BIOLOGIE. — *Aspects de neurosécrétion chez* Nereis irrorata *Malmgren*. Note de M. **René Defretin**, présentée par M. Louis Fage.

La présence de polysaccharides est montrée dans diverses cellules ganglionnaires du tissu nerveux des formes atoques de *Nereis irrorata*. Les aspects de neurosécrétion ne sont plus décelables chez les hétéronéreis. Un rapprochement entre cette neurosécrétion et une hormone est envisagé.

B. Scharrer ([1]) a observé des cellules nerveuses glandulaires au voisinage des nerfs oculaires postérieurs et K. Schæffer ([2]) a montré, dans la même région, divers aspects de sécrétion provoquée expérimentalement. J'avais, d'autre part, signalé, sans toutefois pouvoir en refaire le contrôle ([3]), la présence de glycogène dans certaines cellules ganglionnaires de la chaîne ventrale de *Nereis irrorata* ([4]).

Un matériel nouveau, l'emploi de techniques récentes et sélectives me conduisent à de nouvelles observations. Elles sont relatives au cerveau, au ganglion sous-œsophagien et à la chaîne ventrale des formes atoques et épitoques de *Nereis irrorata*. On dispose, sur la neurologie des Néréidiens, de l'étude de *Nereis virens* par Hamaker et d'une description topographique très précise réalisée par Holmgren sur *Nereis diversicolor*. Me référant à la nomenclature ganglionnaire de ce dernier, j'ai repris, grâce à des séries complètes de coupes, l'anatomie des ganglions encéphaliques de *Nereis irrorata*.

Les résultats exprimés ci-dessous concernent du matériel fixé au Bouin ou à l'alcool absolu picriqué (Bensley); j'ai pratiqué sur coupes l'hématoxyline chromique de Gomori et les diverses techniques de recherche des polyosides notamment celle de Hotchkiss.

Chez les exemplaires atoques, il n'y a aucune trace de polyosides au

---

([1]) *Zool. Anz.*, 113, 1936, p. 299.

([2]) *Zool. Anz.*, 125, 1939, p. 195.

([3]) Ce résultat faisait état de préparations réalisées en 1939. Mobilisation, captivité et une longue impossibilité d'accéder aux gîtes à *Nereis* du Boulonnais ne m'avaient pas permis jusqu'alors de contrôler et de reprendre cette question.

([4]) *Ann. Inst. Océan.*, 24, 1949, p. 204.

niveau des « globuli ». Par contre les grandes cellules vacuolaires du ganglion IV présentent de nombreux granules recolorant la fuchsine bisulfitée. Ils sont tantôt isolés, tantôt accolés à la paroi des vacuoles. Dans les cellules fusiformes cette sécrétion est polarisée vers l'émergence de l'axone. Dans le ganglion V ce dernier aspect est très fréquent et les granules intracytoplasmiques passent à des formes filamenteuses au voisinage de ce pôle cellulaire. Dans les ganglions VI, VII, VIII, IX, X, XI de la région cérébrale moyenne il ne paraît pas y avoir de polyosides décelables. Par contre, les ganglions XIII et XIV au même niveau et les ganglions XV et XVI en arrière ont une activité assez comparable à celle du ganglion IV; toutefois leurs cellules fusiformes n'offrent que de très rares aspects de sécrétion. Dans le groupe postérieur, le ganglion XVII est le plus important par la taille et le plus riche en polysaccharides figurés. J'y ai observé des granules de toutes tailles, des aspects simulant des chondriocontes alignés parallèlement à l'endroit où les neurofibrilles quittent le corps cellulaire et des masses importantes comparables à celles figurées par Scharrer et Schæffer. Les ganglions XVIII et XIX offrent des aspects semblables. Enfin, sous les « globuli », les ganglions ventraux XXIII, XXIV et XXV sont riches en polyosides. Les grandes cellules du ganglion optique XXVI, très développé chez notre espèce, ne montrent aucune sécrétion. Les aspects décrits ci-dessus ne sont pas exclusifs de certains ganglions céphaliques; on en observe d'identiques dans les cellules du ganglion sous-œsophagien et de la chaîne ventrale. Tout ce système ganglionnaire est entouré chez les Néréidiens d'un tissu d'allure réticulée; il se signale par une grande richesse en polyosides décelables sous forme de masses parfois importantes. Toutes ces sécrétions, qui donnent une réaction vigoureusement positive à la technique de Hotchkiss, ne sont nullement métachromatiques, ne prennent ni le mucicarmin, ni le bleu Alcian. On ne peut y déceler la présence d'acide hyaluronique. Enfin, si l'on peut, en particulier chez les Insectes, mettre en évidence la neurosécrétion par la technique de Gomori à l'hématoxyline chromique, ce mode opératoire n'a pas coloré les formations ci-dessus décrites.

Chez les mâles épitoques à maturité aucune sécrétion glucidique ne paraît visible. Seules de rares cellules des ganglions postérieurs montrent des traces de polyosides diffus. Le tissu réticulé périneural en est totalement dépourvu chez certains exemplaires, tandis que chez d'autres on peut parfois en déceler mais en densité extrêmement faible. Chez les femelles également épitoques fixées au moment de la ponte je n'ai pu mettre de polysaccharides en évidence dans aucune cellule ganglionnaire, ni dans le tissu glial périneural.

De cet ensemble d'observations on peut conclure que la neurosécrétion, chez *Nereis irrorata* atoque, n'est pas l'apanage des seules cellules gan-

glionnaires voisines des nerfs optiques postérieurs. D'ailleurs Durchon (*Thèse*) vient de décrire chez *Perinereis cultrifera* un aspect histologique de neurosécrétion localisé à la face ventrale de l'encéphale. Cette sécrétion, qui n'est pas une mucine, est particulièrement riche en polyosides et non uniquement en glycogène, comme une technique antérieure moins sélective avait pu me le faire croire pour certaines cellules de la chaîne ventrale.

Ces indices d'un métabolisme glucidique particulièrement actif du tissu nerveux disparaissent totalement ou presque chez les exemplaires épitoques. Or, Durchon ([5]) a montré que l'inhibition de la maturation des gamètes et de l'épitoquie est une fonction de l'encéphale. La neurosécrétion ci-dessus décrite correspond-elle au support d'une hormone inhibitrice ou à une fraction glucidique entrant dans sa composition ? On peut en formuler l'hypothèse en raison de sa disparition chez les *heteronereis*.

PHYSICOCHIMIE BIOLOGIQUE. — *Le passage des hydrosols à travers les couches lipidiques et la nature du support.* Note de M. **Wladislas Kopaczewski**, présentée par M. Maurice Javillier.

En faisant varier la nature chimique du support, modifie-t-on la traversée d'une barrière lipidique par les solutions aqueuses ([1]) ? Nous avons étudié les supports suivants : cellulose (papier-filtre), kératine (toile de laine blanche), fibroïne (toile de soie blanche), séricine (toile de soie grège), et cellulose imprégnée de sérum sanguin de cheval dilué au quart. Après lavage avec un alkyl-arylsulfonate, rinçage à l'eau distillée et séchage à l'air libre, on plonge les extrémités de ces supports, tels quels ou imprégnés d'huile d'amandes douces, dans des hydrosols colorés ; voici les résultats (hauteur de l'ascension des colorants en centimètres)

	Supports.							
	Cellulose		Laine		Soie grège		Cellulose sérum	
Liquides.	telle.	huilée.	telle.	huilée.	telle.	huilée.	telle.	huilée.
Eau distillée...........	14,0	7,0	14,0	8,0	14,0	10,0	7,0	3,0
Colorant électronégatif...	14,0	6,5	12,0	4,0	12,0	8,5	8,0	4,0
Colorant neutre........	14,0	6,0	14,0	5,5	14,0	8,5	6,0	3,5
Colorant électropositif...	2,5	1,5	2,5	1,5	0	0	1,0	0

Nous avons, de plus, constaté les faits suivants : l'eau et les colorants électronégatif (noir direct W) et neutre (alizarine sulfonate de Na) traversent mieux

([5]) *Comptes rendus*, 232, 1951, p. 442.

([1]) *Voir* pour les détails expérimentaux *Comptes rendus*, 233, 1951, p. 956 et 234, 1952, p. 210 et 1951.

le barrage lipidique dans la soie grège que dans les autres supports ; le colorant électropositif (vert de Janus) est toujours arrêté, mais une faible demi-teinte avec un liséré net apparaît dans les cas de la laine et de la soie grège, huilées ou non ; en outre, ce colorant vire au violet et flocule partiellement au contact de la soie, moins nettement en imbibant la laine ; il vire au rouge au contact de la cellulose et de la cellulose/sérum, huilées ou non, ce qui dénote sa réduction (rH = 13,0). Nous avons déjà noté que l'eau, en pénétrant dans les interstices du papier-filtre huilé, repousse l'huile ; mais lorsqu'on arrête l'expérience, l'huile réimbibe la surface libérée ; dans le cas de cellulose/sérum, il se forme à la limite supérieure de l'ascension un liséré jaune, corné, transparent, que l'huile repoussée ne franchit pas. Les résultats obtenus avec de la soie blanche diffèrent de ceux enregistrés avec de la soie grège : les colorants électronégatif et amphotère se condensent à la partie supérieure au lieu d'être arrêtés et le colorant électropositif n'est pas réduit (absence de la zone rouge).

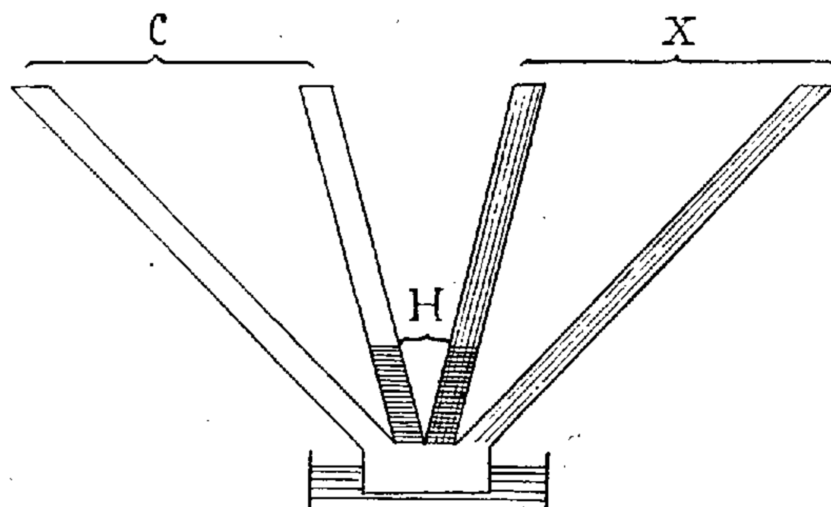
Nous avous étudié également l'action de l'acide *l*-ascorbique et de la saponine. Le premier se condense toujours à la périphérie, en formant une zone brune ; la pénétration de l'eau est très affaiblie dans la soie grège et dans la laine, moins dans la cellulose/sérum ; elle n'est pas changée dans la soie blanche et dans la cellulose. Le colorant électronégatif pénêtre à la même hauteur qu'en absence de l'acide et se condense à la périphérie de la cellulose et de la soie blanche, mais subit dans ce dernier cas et au contact de la soie grège un virage au violet de la partie immergée et une floculation partielle ; la pénétration de ce colorant dans la cellulose/sérum, huilée ou non, est plus grande. L'ascension du colorant électropositif est toujours plus forte, sauf au contact de la soie grège, huilée ou non ; l'aire du virage au rouge est très augmentée ; il n'apparaît pas au contact de la soie grège ou blanche ; l'ascension du colorant dans la soie blanche ne varie pas, mais la surface immergée est violette. La saponine accentue très fortement la condensation du colorant électronégatif et, surtout, de l'électropositif, de sorte que le degré d'ascension du second égale celui du premier ; l'ascension est abaissée dans la cellulose et la cellulose/sérum et nettement augmentée dans la soie blanche ; le virage au rouge n'existe plus. Quant au colorant amphotère il subit une floculation plus ou moins forte au contact des supports non huilée.

Pour examiner la pénétration dans plusieurs supports ([2]) à la fois, nous avons découpé dans une feuille de papier-filtre un éventail de quatre branches ; les deux de droite sont imbibées de sérum dilué à 25 %, ou d'acide chondroïtine-sulfurique à 2,5 % ; après le séchage à l'air, on huile les deux branches médianes ; la partie inférieure plonge dans des cristallisoirs contenant les

---

([2]) Ce dispositif expérimental se prête également à l'étude de la pénétration dans le même support de plusieurs liquides à la fois : il suffit pour cela de tourner l'éventail de 180°.

liquides étudiés. Voici ce que nous avons constaté : l'introduction de NaCl à 0,2 % affaiblit fortement la pénétration d'alizarine-sulfonate de Na, quel que soit le support expérimental; ce sel cristallise en totalité à la zone supérieure du support; il favorise la pénétration de l'eau; les colorants des



Dispositif expérimental : C, papier filtre tel; H, supports huilés; X, papier-filtre imbibé.

tomates ou des oranges ne traversent pas le barrage huilé du support cellulose/sérum, tandis que celui cellulose/acide chondroïtine-sulfurique n'y fait aucun obstacle; l'huile repoussée au cours de la pénétration des hydrosols reprend sa place lorsque l'expérience est terminée, sauf dans les cas des jus d'oranges ou de viande et du lait.

En résumé : La pénétration des hydrosols colorés dans les interstices capillaires, huilés ou non, varie selon la nature des tissus et les caractères chimiques et physiques des liquides en contact avec eux. Il est dorénavant facile d'imaginer des modèles permettant d'étudier *in vitro,* la perméabilité élective des diverses couches limitantes cellulaires.

CHIMIE BIOLOGIQUE. — *Sur la structure des protéines en solution et dans les cellules vivantes.* Note (*) de M. **Henri Lenormant**, présentée par M. Pierre Jolibois.

Nous avons déjà signalé que les bandes 6,05 et 6,86 μ des protéines natives deutérées sur l'azote ne présentent pas de modifications lorsque ces substances sont mises en solution dans l'eau lourde (¹). Nous avons pu vérifier depuis par l'étude de nombreuses autres protéines que le phénomène est général. D'autre part, Elliot et Ambrose (²) ont montré que, à l'état sec, le spectre des protéines natives était caractéristique de la structure repliée α et que la disparition des particularités cristallographiques

(*) Séance du 30 juin 1952

(¹) H. Lenormant et J. Chouteau, *J. Physiol.*, **42**, 1950, p. 640.

(²) *Proc. Roy. Soc.*, A **205**, 1951, p. 47; A **206**, 1951, p. 206; A **208**, 1951, p. 75.

de cette structure, déterminées par les clichés de rayons X, s'accompagne d'un déplacement des bandes infrarouges.

On peut donc conclure que l'analogie spectrale existant entre l'état sec et l'état dissous correspond au maintien de la structure α en solution. Quelle que soit la configuration exacte que l'on accorde à la structure α : α helix de Pauling (3), ou α_{II} de Mizushima, Shimanoushi et Tsuboi (4) et de Elliot et Ambrose (2), la stabilité de cette structure est assurée par des ponts hydrogènes intramoléculaires. Ces ponts continuent donc d'exister en solution dans l'eau, ce qui *a priori* est inattendu étant donnée la valeur élevée du coefficient diélectrique du solvant.

Lorsqu'une protéine native en solution est chauffée, elle se dénature plus ou moins profondément. Selon les conditions de concentration et de pH, il se produit une coagulation, la formation d'un gel transparent, ou une simple augmentation de la viscosité accompagnée de biréfringence d'écoulement.

Selon Joly et Barbu (5) cette biréfringence indique la formation de longs filaments (4 000 Å) qui paraissent dus à une agrégation moléculaire. En milieu fortement alcalin le phénomène d'agrégation ne se produit pas, bien que la protéine soit manifestement altérée par le chauffage.

Nous avons constaté, de même que Elliot et Ambrose, que le coagulum de dénaturation présente une bande nouvelle à 6,13 μ qui, ainsi que l'ont démontré ces auteurs, caractérise la structure dépliée β. Nous avons en outre observé que cette structure n'est pas en rapport direct avec l'insolubilisation et qu'elle existe dans le cas où la dénaturation a provoqué seulement une augmentation de viscosité. Elle survient dans les conditions qui favorisent l'agrégation moléculaire et, de même que celles-ci, ne se manifeste pas en milieu alcalin.

Pour une même protéine, le degré de déplissement de la chaîne peptidique est lié à l'intensité et à la durée du chauffage. Il est exceptionnel qu'il devienne total et reste généralement assez limité, comme l'indique la persistance d'une forte bande à 6,05 μ caractéristique de la structure α. Nos constatations permettent de concilier les deux conceptions qui s'opposent actuellement pour expliquer la dénaturation et qui s'appuient toutes deux sur des arguments indiscutables.

La première conception attribue les caractères des protéines dénaturées au simple fait que la chaîne peptidique s'y trouve plus ou moins complè-

(3) L. Pauling et R. B. Corey, *Proc. Nat. Acad. Sc. U.S.A.*, **37**, 1951, p. 251, 235, 241, 261.
(4) *Bull. Soc. Chim. Japan*, **23**, 1950, p. 176.
(5) *Bull. Soc. Chim. Biol.*, **31**, 1949, p. 164 ; **32**, 1950, p. 116 ; **32**, 1950, p. 123.

tement étendue. Dans la seconde hypothèse, on admet qu'il se produit une agrégation des molécules restées globulaires.

Nous pensons que la dénaturation est bien caractérisée par un déplissement de la chaîne peptidique, mais que, sauf cas exceptionnel (celui notamment des protéines des glandes séricigènes de ver à soie), le déplissement n'intéresse que certains segments de la chaîne. Ces segments dépliés, en raison même de leur configuration structurale, ont une forte tendance à s'unir entre eux par des liaisons hydrogènes interchaînes multiples. Si les chaînes ainsi réunies appartiennent à des molécules différentes, il en résulte une agrégation moléculaire fortement cohérente dont chaque unité peut avoir en grande partie conservé la structure α.

MICROBIOLOGIE. — *Étude de certains caractères immunologiques chez une souche sensible et des souches résistant à la dihydrostreptomycine de* Salmonella enteritidis var. Danysz. Note (*) de M. **Jacques Servant**, présentée par M. Jacques Tréfouël.

Il peut exister chez les souches de *S. enteritidis* var. *Danysz* résistant à la dihydrostreptomycine (ou à la streptomycine) une structure antigénique *qualitativement* différente de celle de la souche sensible originelle.

Nous avons cultivé, en présence de doses croissantes de Dihydrostreptomycine, des bactéries provenant d'une colonie Smooth de *S. enteritidis* (var. *Danysz*) (cultures en milieu liquide : bouillon de viande, ou sur milieu solide : bouillon de viande gélosé). Nous avons ainsi obtenu des bactéries résistant à des concentrations d'antibiotique allant jusqu'à 2.10^5 μg/ml.

Nous avons préparé des antisérums, par injection à des lapins de germes vivants provenant : 1° de la souche sensible initiale (souche Di); 2° d'une souche résistant à 10^4 μg/ml (souche $D.10^4$); 3° d'une souche résistant à 2.10^5 μg/ml (souche $D.2.10^5$). Nous appelons respectivement ces antisérums : ΣDi, $\Sigma D.10^4$ et $\Sigma D.2.10^5$.

Les anticorps de ces sérums ont été partiellement épuisés par des bactéries sensibles Di vivantes, puis les sérums ont été utilisés pour des tests d'agglutination avec la souche sensible et différentes souches résistantes (37° C, 20 h, germes vivants).

Souche utilisée.	Antisérum utilisé.	Dilution des antisérums. 1/2560.	1/5120.	1/10.240.	1/20.480.
D*i*	ΣD*i*	±	—	—	—
$D.10^4$	ΣD*i*	+	±	—	—
D*i*	$\Sigma D.10^4$	±	—	—	—
$D.10^4$	$\Sigma D.10^4$	+	+	+	+

(*) Séance du 30 juin 1952.

Souche utilisée.	Antisérum utilisé.	Dilution des antisérums.			
		1/3200.	1/6400.	1/12.800.	1/25.600.
D*i*	Σ′D*i*	+	+	+	±
D.2.10⁵	Σ′D*i*	+	+	—	—
D*i*	ΣD.2.10⁵	+	—	—	—
D.2.10⁵	ΣD.2.10⁵	+	+	+	—

(Nous n'avons utilisé que des germes donnant des suspensions stables en eau physiologique.)

En utilisant des suspensions formolées de germes sensibles ou résistants, nous avons vérifié l'absence d'agglutination H, pour les concentrations en antisérums mises en œuvre dans nos essais (antisérums préalablement épuisés par la souche sensible). Les différences sérologiques observées ne semblent donc pas dues à des modifications des antigènes H. D'autre part, ces différences s'atténuent ou disparaissent si l'on opère à 52° C, ou avec des germes traités par l'alcool à 50 % (agglutination o).

Par ailleurs, nous n'avons observé aucune différence sérologique entre la souche sensible et deux souches résistant seulement à 100 μg/ml d'antibiotique. Il en fut de même dans quelques cas pour certaines souches résistant à 10^4 μg/ml. Par contre, toutes nos souches résistant à 10^5 ou 2.10^5 μg/ml (ainsi qu'une souche résistant à 10^5 μg obtenue par cultures en présence de streptomycine), ont manifesté de nettes différences par rapport à la souche sensible. Il semble donc que les particularités sérologiques observées soient d'autant plus nettes que la résistance des souches est plus grande.

Les souches résistantes que nous avons étudiées n'étaient ni muqueuses ni coccoïdes; le phénomène que nous constatons ne doit donc pas être rapproché de celui observé par Stublefield (1), qui comparait une forme muqueuse coccoïde résistante à des formes en bâtonnets, non muqueuses, sensibles et résistantes, d'*Escherichia coli*.

La séance est levée à 16 h 10 m.

L. B.

---

(1) *J. Bact.*, 54, 1947, p. 569.

ERRATA

(*Comptes rendus* du 16 juin 1952.)

Note présentée le même jour, de M. *Jacques Nicolle* et M[lle] *Yvonne Joyeux*, Vitesses de croissance de plusieurs espèces bactériennes utilisant les pentoses comme source de carbone :

Page 2496, légende de la figure 2, 2e ligne, *au lieu de* 5, *l*(—) xylose, *lire* 5, *d*(—) lyxose.



ACADÉMIE DES SCIENCES.

SÉANCE DU MERCREDI 16 JUILLET 1952.

PRÉSIDENCE DE M. AUGUSTE CHEVALIER.

MÉMOIRES ET COMMUNICATIONS

DES MEMBRES ET DES CORRESPONDANTS DE L'ACADÉMIE.

BOTANIQUE APPLIQUÉE. — *La situation des cultures fruitières au Maroc en* 1952. Note de M. **AUGUSTE CHEVALIER**.

Le Maroc s'est révélé, depuis quelques années, comme un des pays du monde les plus favorables à la culture des arbres fruitiers, très divers, ainsi que nous l'avons constaté au cours du voyage que nous venons d'y effectuer. Déjà, en 1922, L. Trabut, Correspondant de l'Académie des Sciences, se basant sur ce qu'il avait observé surtout en Algérie et en Tunisie, avait publié un ouvrage sur l'*Arboriculture de l'Afrique du Nord* qui est encore, à l'heure actuelle, le travail le plus intéressant sur la biologie fruitière de ces régions. Le Maroc, à cette époque, était encore presque inconnu. De 1920 à 1950, l'arboriculture fruitière y a fait de grands progrès sous l'action des services agricoles de recherches et aussi, il faut le dire, grâce à l'esprit d'entreprise de divers colons européens bons agriculteurs et même de quelques Marocains progressifs. Les résultats pratiques obtenus en 30 années dans ce pays donnent les plus grands espoirs. M. H. Chapot, attaché à l'Institut des Fruits et Agrumes coloniaux, qui nous accompagna au cours de quelques-uns de nos itinéraires, a pris de très belles photos qui montrent l'intérêt qu'a pris l'arboriculture en diverses régions du Maroc. Voici la situation, d'après les statistiques récentes que nous a communiquées M. Em. Miège, lauréat de l'Académie des Sciences.

On comptait, au Maroc, en 1949, 10 millions d'Oliviers appartenant pour la plupart aux indigènes. Ils sont bien entretenus et la plupart sont en production; on en plante encore chaque année. La récolte d'olives de 1951-1952 a été la plus abondante, observée depuis longtemps. On l'a évaluée de 40 000 à 50 000 t d'olives. En quelques régions, la main-d'œuvre manqua pour faire la cueillette. Néanmoins, la culture est encore susceptible d'une grande extension. Le Figuier (500 000 arbres), l'Amandier (8 330 000 arbres), le Grenadier (780 000 pieds), l'Abricotier (1 million d'arbres), le Mûrier noir, planté surtout le long des routes, le Caroubier (1460 ha) sont les fruitiers les plus cultivés par les Marocains. Sur les montagnes, ils cultivent aussi des fruitiers d'Europe : Pêchers, Cerisiers, Noyers, Châtaigniers, mais les variétés sont restées primitives.

Les colons européens se sont surtout attachés, depuis quelques années, à la culture des Agrumes (24 000 ha au Maroc, soit 4 500 000 arbres du genre *Citrus*), avec un accroissement de 1500 ha par an); Vigne, 26 000 ha en 1949, dont 16 000 en production donnant environ 500 000 hl de vin. Les Européens ont eu à lutter contre le phylloxera, mais ils ont triomphé en plantant de nouveaux ceps résistants. Les indigènes pourraient produire de grandes quantités de raisins secs ou du raisin frais amélioré pour leur consommation. Le Prunier du Japon commence à être cultivé chez les colons. On fonde aussi quelques espoirs pour la culture des fruits tropicaux et subtropicaux le long du littoral Sud-Ouest. La seule culture en régression est celle du Dattier. On comptait, il y a 30 ans, au Maroc, 2 830 000 Dattiers, surtout au Tafilalet et près de Figuig. Aujourd'hui, la maladie du Bayoud surtout tue les meilleures variétés et un grand nombre de Dattiers ont déjà succombé.

Arbres fruitiers tropicaux et subtropicaux. — Le Figuier d'Inde (*Opuntia ficus-indica*) fut introduit, dès le XVIe siècle, en Afrique du Nord, apporté d'Amérique par les Espagnols et les Portugais. Il s'est beaucoup répandu et les Marocains en font une grande consommation. De nombreuses Cactées à fruits comestibles pourraient encore être introduites. Le Bananier (*Musa nana* des Canaries) commence à être cultivé dans le Sous; il doit être abrité contre le vent. Sur le littoral Sud-Ouest, de Rabat à Agadir, on peut cultiver dans les jardins abrités : le Néflier du Japon, les Kakis, l'Avocatier, les Goyaviers, le Ciphomandra, le Cherimolier, le Feijoa (*Orthostemon sellowianus* Berg), le Litchi, le Cerisier de Cayenne (*Eugenia uniflora* L.), le Jambosier, le *Casimiroa edulis*, le *Monstera deliciosa*, le *Sideroxylon marmulana* à fruits comestibles des îles du Cap Vert et, sans doute aussi, diverses variétés de Manguiers, de Papayers et de Sapotilles, des Pistachiers vrais, des Jujubiers d'Orient et de Chine.

Il est à remarquer que tous ces derniers arbres fruitiers ont été importés par les Européens depuis 1920 et sont encore peu répandus.

Quant aux arbres fruitiers cultivés par les Marocains lors de notre arrivée : Oliviers, Amandiers, Grenadiers, Vignes, Abricotiers, Mûriers, etc., ils ont tous été introduits de l'Orient à une époque préhistorique. Quelques espèces qui existent à l'état sauvage au Maroc : l'Olivier Oleastre, l'Amandier spontané (*Amygdalus trabuti* Chev.), la Vigne sauvage, n'ont jamais été mis en culture en Afrique du Nord pour être améliorés.

Le *Zizyphus lotus*, très commun dans les steppes et savanes de l'Afrique du Nord, donne de très petits fruits à peine comestibles. Les Lotophages, dit-on, s'en nourrissaient. Il aurait pu probablement être amélioré par la sélection comme les Jujubiers d'autres régions, mais ni Berbères, ni Arabes ne le regardent comme arbre fruitier.

L'Arganier (*Argania spinosa*), Sapotacée très répandue dans le Sud-Ouest

du Maroc, est utilisé comme producteur d'amandes oléagineuses, mais son exocarpe très âpre et amer est mangé seulement à l'état frais par les chèvres qui montent sur l'arbre pour le brouter et par les gros ruminants qui le mangent quand le fruit est tombé sur le sol. Ce fruit n'est pas comestible pour l'Homme, mais par la sélection on eût pu sans doute obtenir des variétés à fruits doux et mangeables, analogues à ceux de la Sapotacée *Marmulana* que les Portugais ont sélectionnée aux îles du Cap Vert et qui donne des sortes de cerises excellentes.

L'Arbousier, commun dans l'Atlas, renferme des variétés à baies parfois délicieuses, mais on ne le cultive jamais; les enfants seuls recueillent ces fruits sauvages et les vendent dans les villes. Même les arbres fruitiers comme les Poiriers et les Pommiers introduits depuis des millénaires en Afrique du Nord sont restés des variétés très médiocres, et c'est seulement en ce moment que l'on fait venir d'Europe des variétés améliorées pour les cultiver.

Quant aux Agrumes (espèces du genre *Citrus*), certaines espèces introduites depuis des siècles : Cédratier, Bigaradier, Oranger et Limes ont prospéré au Maroc; il en existe encore çà et là de très vieilles plantations, mais c'est seulement depuis une trentaine d'années que l'on a introduit dans ce pays des variétés d'élite venant du Sud de l'Europe, d'Amérique et d'Asie.

En énumérant ces variétés, j'empiéterais sur le terrain de M. H. Chapot, si compétent dans la connaissance de tous les *Citrus* cultivés. Je mentionnerai seulement un curieux fruit de ce groupe, le Clémentinier, hybride probable d'Oranger et de Mandarinier que fit connaître autrefois en Algérie M. Louis Trabut. Sa culture progresse au Maroc. Les Clémentines mûrissent dès octobre et novembre et en plein hiver elles sont importées sur les marchés de France. La culture du Clémentinier, arbre nouveau apparu en Algérie il y a 50 ans environ, est encore susceptible d'une grande extension au Maroc et comme il n'a pas de pépins (il se multiplie exclusivement par écusson), il tend de plus en plus à prendre la place du Mandarinier (*Citrus reticulata* Blanco) originaire des Philippines dans les plantations des colons européens.

IMMUNOLOGIE. — *Le nucléinate de soude, substance adjuvante et stimulante de l'immunité*. Note (*) de MM. **Gaston Ramon**, **André Chassigneux**, **Rémy Richou** et **Claude Gerbeaux**.

On sait que le nucléinate de soude a été employé dans le traitement de certaines infections et l'un d'entre nous (A. Chassigneux) l'utilise avec de bons

(*) Séance du 7 juillet 1952.

résultats dans la pratique vétérinaire. Nous avons recherché l'explication de cette action thérapeutique. Nous nous sommes demandé, en particulier, si le nucléinate ne pourrait pas agir selon un processus analogue à celui des substances adjuvantes et stimulantes de l'immunité (G. Ramon). Nous avons donc entrepris des expériences pour vérifier cette hypothèse.

Première expérience. — 25 lapins répartis en cinq séries reçoivent chacun :

Première série. — 1 cm^3 d'une anatoxine tétanique purifiée au moyen de l'acide trichloracétique ([1]) titrant 400 unités antigènes au centimètre cube et diluée au 1/10, additionnée de 1 cm^3 d'eau physiologique.

Deuxième série. — 1 cm^3 de la même anatoxine diluée au 1/10, additionnée de 1 cm^3 d'une solution de nucléinate de soude à 20 %, stérilisée 30 m à 105°.

Troisième série. — 1 cm^3 d'une anatoxine tétanique brute, titrant 50 unités antigènes au centimètre cube, additionnée de 1 cm^3 d'eau physiologique.

Quatrième série. — 1 cm^3 de la même anatoxine brute, additionnée de 1 cm^3 d'une solution de nucléinate de soude à 20 %.

Cinquième série. — 1 cm^3 de la même anatoxine brute, additionnée de 1 cm^3 d'une solution de nucléinate de soude à 60 %.

Tous les animaux sont saignés 20 jours plus tard, et le titrage de l'antitoxine tétanique est pratiqué, sur le Cobaye, dans les sérums des lapins de chaque série. Les résultats sont résumés dans le tableau I.

Tableau I.

Antigène injecté.	Titre (en unités antitoxiques internationales).
1. Anatoxine purifiée seule	1/3
2. Anatoxine purifiée + nucléinate à 20 %	1
3. Anatoxine brute seule	+ 1/100 — 1/10
4. Anatoxine brute + nucléinate à 20 %	+ 1/3 — 1
5. Anatoxine brute + nucléinate à 60 %	+ 1 — 3

Deuxième expérience. — 30 lapins, répartis en six séries, reçoivent chacun :

Première série. — 1 cm^3 d'une anatoxine brute titrant 50 unités antigènes au centimètre cube, additionnée de 3 cm^3 d'eau physiologique.

Deuxième série. — 1 cm^3 de la même anatoxine brute additionnée de 2 cm^3 d'une solution de nucléinate de soude à 60 %.

Troisième série. — 1 cm^3 de la même anatoxine additionnée de 3 cm^3 d'une solution de nucléinate de soude à 60 %.

Quatrième série. — 1 cm^3 d'une anatoxine purifiée, titrant 170 unités antigènes au centimètre cube, diluée au 1/3 et additionnée de 3 cm^3 d'eau physiologique.

([1]) G. Ramon, A. Boivin et R. Richou, *Congrès internat. de Microbiologie*, Londres, 1936; *C. R. Soc. Biol.*, 124, 1937, p. 32.

Cinquième série. — 1 cm³ de la même anatoxine purifiée, additionnée de 2 cm³ d'une solution de nucléinate de soude à 60 %.

Sixième série. — 1 cm³ de la même anatoxine, additionnée de 3 cm³ d'une solution de nucléinate de soude à 60 %.

Comme dans l'expérience précédente, les animaux ayant reçu l'anatoxine seule ne présentaient aucune réaction, ceux injectés avec l'anatoxine additionnée de nucléinate de soude présentèrent en général de petits nodules de la grosseur d'une lentille.

Tous les animaux sont saignés 15 jours après l'injection et le titrage de l'antitoxine tétanique est pratiqué de même que dans la première expérience dans les mélanges des sérums des lapins de chaque série. Le tableau II rend compte des résultats obtenus.

Tableau II.

Antigène injecté.	Titre (en unités antitoxiques internationales).
1. Anatoxine brute seule	+ 1/100 — 1/10
2. Anatoxine brute + 2 cm³ nucléinate à 60 %	+ 1/3 — 1
3. Anatoxine brute + 3 cm³ nucléinate à 60 %	1
4. Anatoxine purifiée seule	+ 1/3 — 1
5. Anatoxine purifiée + 2 cm³ nucléinate à 60 %	+ 1 — 3
6. Anatoxine purifiée + 3 cm³ nucléinate à 60 %	+ 1 — 3

Dans la première comme dans la deuxième expérience, que les animaux aient été immunisés avec l'anatoxine brute ou avec l'anatoxine purifiée [2], le taux antitoxique le plus élevé a été constaté chez ceux qui ont reçu l'anatoxine additionnée de nucléinate de soude. Ce taux antitoxique est d'ailleurs fonction dans une certaine mesure de la concentration en nucléinate de soude, puisque ce sont justement les animaux qui ont reçu les doses les plus fortes de nucléinate qui présentent l'immunité la plus élevée. Le nucléinate de soude se comporte donc comme une substance adjuvante et stimulante de l'immunité antitoxique, au sens défini lors de la mise en évidence de ce nouveau procédé d'immunisation [3].

---

[2] Ainsi que nous l'avons signalé jadis à plusieurs reprises, nous avons constaté à nouveau dans les expériences ici exposées que l'anatoxine tétanique purifiée au moyen de l'acide trichloracétique, possède un pouvoir immunisant bien supérieur à celui de l'anatoxine brute. Nous supposons que cette supériorité est due à la présence de composés chimiques prenant naissance lors de l'opération de la purification et qui seraient capables de jouer, à eux seuls, le rôle de substances adjuvantes et stimulantes de l'immunité. Des expériences sont effectuées actuellement dans le but de contrôler cette hypothèse.

[3] *Voir* G. Ramon, *Comptes rendus*, **181**, 1925, p. 157; *Ann. Inst. Pasteur*, **40**, 1926, p. 1; *Bull. Acad. de Méd.*, **124**, 1941, p. 90; *Bull. Acad. Vét. de France*, **22**, n° 8, 1949, p. 350.

Nous poursuivons actuellement nos recherches en ce domaine afin de savoir si le nucléinate de soude se comporte de même façon à l'égard de l'anatoxine staphylococcique et de l'immunité qu'elle confère et si, en outre, il ne s'établit pas, de cette manière, un effet thérapeutique synergique entre cette anatoxine et le nucléinate de soude, l'une et l'autre de ces substances étant utilisées dans le traitement de diverses formes d'infection dues au staphylocoque, chez l'Homme et chez les animaux domestiques.

M. **Paul Niggli** adresse en hommage à l'Académie son Ouvrage intitulé : *Les bases de la Stéréochimie,* traduit en français par MM. J. Vialle et T. Katz.

PLIS CACHETÉS.

A la demande de l'auteur, le pli cacheté accepté en la séance du 6 janvier 1947 et enregistré sous le n° 12259, est ouvert par M. le Président. Le document qui en est retiré sera soumis à l'examen de la Section de Minéralogie.

CORRESPONDANCE.

M. **Paul Karrer**, élu Associé étranger, adresse ses remercîments à l'Académie.

L'Académie est informée de la réunion à Rome, du 6 au 12 septembre 1953, du **VI[e] Congrès international de Microbiologie.**

M. le **Secrétaire perpétuel** signale, parmi les pièces imprimées de la Correspondance :

Fortuna Domus. A series of lectures delivered in the University of Glasgow in commemoration of the fifth centenary of its foundation.

ANALYSE MATHÉMATIQUE. — *Sur certaines classes de fonctions indéfiniment dérivables.* Note de M. **Pierre Lalaguë**, présentée par M. Paul Montel.

Soient $L_n(x) = e^x(x^n e^{-x})^{(n)}/n!$ le polynome de Laguerre de degré n et F (resp. G) la famille des fonctions réelles $f(x)$ [resp. $g(x)$] de la variable réelle x, définies et indéfiniment dérivables sur $[0, +\infty)$, telles que, pour $p = 0, 1, 2, \ldots,$

$$m_p = \int_0^\infty [f^{(p)}(x)]^2 e^x x^p\, dx < +\infty \qquad \left(\text{resp. } l_p = \int_0^\infty [g^{(p)}(x)]^2 e^{-x} x^p\, dx < +\infty\right).$$

LEMME I. — *Si $f(x)$ appartient à F, la série* $f(x)=\sum_{n=0}^{\infty} a_n e^{-x} L_n(x)$ *converge uniformément sur* $[0, +\infty)$. $a_n=\int_0^{\infty} f(x) L_n(x)\,dx$ *et*

$$m_p=\sum_{n=0}^{\infty}\frac{a_n^2\,\overline{n+p}\,!}{n\,!}\qquad (p=0, 1, 2, \ldots). \tag{1}$$

Soit $\{M_p\}$ une suite de nombres M_p positifs, dont une infinité sont supposés finis. *Appelons* $C^*\{M_p\}$ *l'ensemble des fonctions $f(x)$ de F telles que* $m_p \leqq K^p M_p$ $(p=1, 2, \ldots)$, K *dépendant de* f. Nous dirons que $C^*\{M'_p\}$ contient $C^*\{M_p\}$ si toute fonction de $C^*\{M_p\}$ appartient à $C^*\{M'_p\}$, que deux classes sont équivalentes si chacune contient l'autre. Rappelons que, si $\lim M_p^{\frac{1}{p}}=\infty$, la suite $\{M_p^c\}$, régularisée convexe de $\{M_p\}$ par l'intermédiaire des logarithmes, est telle que, pour une infinité d'entiers p_i, $M_{p_i}^c=M_{p_i}$. Si $p_i \leqq p < p_{i+1}$,

$$M_{p_i}^{p_{i+1}-p} M_{p_{i+1}}^{p-p_i} \leqq (M_p^c)^{p_{i+1}-p_i}. \tag{2}$$

Soit $T(r)=\max_{p\geq 1} r^p/M_p$, $r \geqq 1$.

THÉORÈME. — *Si* $\underline{\lim}_{p\infty} M_p^{\frac{1}{p}}/p=0$, $C^*\{M_p\}$ *ne contient que* $f(x)\equiv 0$.

Si $\underline{\lim}_{p\infty} M_p^{\frac{1}{p}}/p>0$, $C^*\{M_p\}$ *et* $C^*\{M_p^c\}$ *sont équivalentes.*

Dans le premier cas, d'après (1), $a_n^2 \leqq K^p M_p (p\,!)^{-1}$, donc $a_n=0$ pour tout n.

Dans le second cas, comme $(\log n\,!)$ est une fonction convexe de n, l'inégalité de Hölder montre que $m_p^{p_{i+1}-p_i} \leqq m_{p_i}^{p_{i+1}-p} m_{p_{i+1}}^{p-p_i}$ si $p_i \leqq p < p_{i+1}$. D'après (2), le théorème en résulte.

THÉORÈME. — *Si* $\underline{\lim}_{p\infty} M_p^{\frac{1}{p}}/p>0$,

$$C^*\{M_p\}\subset C^*\{M'_p\} \tag{3}$$

équivaut à

$$(M_p^c)^{\frac{1}{p}}=O\left(M_p'^{\frac{1}{p}}\right)\qquad (p\to\infty). \tag{4}$$

Pour chaque entier n, il existe un entier λ_n tel que $\lambda_n^n[T(\lambda_n)]^{-1} \geqq 2^{-n} M_n^c$. Donc, $f^*(x)=\sum_{n=1}^{\infty}[2^n T(\lambda_n)]^{-\frac{1}{2}} e^{-x} L_{\lambda_n}(x)$ appartenant à $C^*\{M_p\}$, (3) entraîne (4).

LEMME II. — *Si* $b_n=\int_0^{\infty} g(x) e^{-x} L_n(x)\,dx$, *la série* $g(x)=\sum_{n=0}^{\infty} b_n L_n(x)$ *converge uniformément sur tout segment intérieur à* $(0, \infty)$ *et* $l_p=\sum_{n=p}^{\infty} b_n^2 n\,!/\overline{n-p}\,!$

Comme dans (1), on définit les classes $C_1^*\{M_p\}$, l'inclusion, l'équivalence de deux classes, l_p remplaçant m_p. Si $\{M_p^0\}$ est la suite régularisée exponentielle

de $\{M_p\}$, au sens de M. Mandelbrojt, pour une infinité d'entiers p_i, $M^0_{p_i} = M_{p_i}$. Si $p_i \leqq p < p_{i+1}$,

(1) $$M_{p_i}^{p_{i+1}-p} M_{p_{i+1}}^{p-p_i} \leqq (M^0_p)^{p_{i+1}-p_i}$$

et

(2) $$M_{p_i} p_{i+1}^{p-p_i} \leqq M^0_p.$$

Soit $S(r) = \max_{p \leq r}(r^p/M_p)$, $r \geqq 1$.

Théorème. — *Les classes* $C^*_1\{M_p\}$ *et* $C^*_1\{M^0_p\}$ *sont équivalentes.*

Si $p_i \leqq p < p_{i+1}$, l'inégalité de Hölder appliquée à $h_p = \sum_{n=p}^{\infty} a^2_n n^p$ donne

$$h_p^{p_{i+1}-p_i} \leqq h_{p_i}^{p_{i+1}-p}(h_{p_{i+1}} + h_{p_i} p_{i+1}^{p_{i+1}-p_i})^{p-p_i}.$$

D'après (1) et (2), comme $e^{-p} h_p \leqq l_p \leqq h_p$, le théorème en résulte.

Théorème. —

(3) $$C^*_1\{M_p\} \subset C^*_1\{M'_p\}$$

équivaut à

(4) $$(M^0_p)^{\frac{1}{p}} = O\left(M'^{\frac{1}{p}}_p\right), \qquad p \to \infty.$$

Pour chaque entier n, il existe un entier μ_n tel que $\mu^n_n[S(\mu_n)]^{-1} \geqq e^{-1} M^0_n$. $g^*(x) = \sum_{n=1}^{\infty} [2^n S(\mu_n)]^{-\frac{1}{2}} L_{\mu_n}(x)$ appartenant à $C^*_1\{M_p\}$, (3) entraîne (4).

THÉORIE DES FONCTIONS. — *Sur une généralisation des fonctions analytiques et des familles normales.* Note de M. **Renato Caccioppoli**, présentée par M. Paul Montel.

1. Soit $w(z) = w(x+iy) = u(x, y) + iv(x, y)$ une fonction complexe continue; nous supposerons que $u(x, y)$, $v(x, y)$ soient absolument continues par rapport à x, y pour presque toutes les valeurs de y, x resp., et que leurs dérivées premières soient de carré sommable. Posons

$$\Phi(x, y) = \overline{\lim_{\Delta z \to 0}} \left|\frac{\Delta w}{\Delta z}\right|, \qquad \varphi(x, y) = \underline{\lim_{\Delta z \to 0}} \left|\frac{\Delta w}{\Delta z}\right|.$$

Nous dirons que $w(z)$ est une fonction *pseudo-analytique* [1], et que la transformation $T : w = w(z)$ est *pseudo-conforme*, si l'on a presque partout

$$J = \frac{\partial(u, v)}{\partial(x, y)} > 0, \qquad \varphi(x, y) \geqq \mu\Phi(x, y) \qquad (\mu \leqq 1);$$

---

[1] Ce terme est emprunté à M. Albert Pfluger à qui je dois la plupart des renseignements bibliographiques qui suivent.

ces deux conditions entraînent la suivante :

(1) $$J \geqq \frac{\mu}{1+\mu^2}(\Phi^2+\varphi^2).$$

A chaque valeur de $\mu \leqq 1$ correspond une classe c_μ de fonctions ou de transformations; pour $\mu = 1$, on obtient les fonctions analytiques [2].

2. L'image d'un domaine A du plan z dans la transformation T est un domaine généralement *multivalent* B. Soit Δ, un domaine (multivalent) à contour rectifiable Γ [3], *intérieur* à B : nous envisagerons une inégalité de la forme

(2) $$\text{aire}\,\Delta \leqq \text{K longueur}\,\Gamma \qquad (\text{K const.}),$$

sous le nom d'*inégalité isopérimétrique conditionnée. Une pareille inégalité est vérifiée si le rayon d'un cercle entièrement recouvert par* B *est borné* a priori [4].

3. Nos principaux résultats découlent essentiellement de la remarque précédente, et d'un lemme tout à fait élémentaire [5] :

L'inégalité

$$\alpha(r)f(r) - \int_0^r f^2(\rho)\,d\rho + c > 0 \qquad [\alpha(\rho) > 0,\ c > 0]$$

entraîne la suivante

$$\int_0^r f^2(\rho)\,d\rho < \left[\int_r^R \frac{d\rho}{\alpha^2(\rho)}\right]^{-1} + c \qquad (R > r).$$

4. Soit, à l'intérieur de A, un cercle $C(r)$ de centre donné et de rayon r : désignons par $\omega(r)$ l'oscillation de $w(z)$ dans $C(r)$ et par $F(r)$ l'aire du domaine (multivalent) correspondant dans B à $C(r)$. *En supposant l'inéga-*

---

(2) Pour ce qui a trait aux conditions quantitatives, ce point de départ n'est pas nouveau. Des fonctions pseudo-analytiques, et les représentations correspondantes, ont déjà été étudiées, d'abord en supposant les dérivées continues. *Voir* H. Grötsch, *Leipzig Ber.*, 80, 1928; L. Ahlfors, *Acta Math.*, 65, 1935; C. B. Morrey, *Trans. Ann. Math. Soc.*, 43, 1938; O. Teichmüller, *Deutsche Math.*, 3, 1938 ; A. Pfluger, *Comptes rendus*, 231, 1950; p. 1022. D'autres hypothèses moins restrictives (mais non des plus simples) ont été proposées par M. Lavrentieff (*Rec. Math. Moscou*, 42, 1935) et par M. Pfluger (*Comptes rendus*, 234, 1952, p. 43), qui en ont tiré plusieurs conséquences remarquables.

(3) Composé d'un nombre fini (*borné*) de courbes fermées.

(4) L'inégalité (2) se présente, même sous une forme plus générale, dans l'étude des *types* conformes : il y a lieu alors de la considérer comme vérifiée *a priori* sur une surface riemannienne donnée. *Voir* particulièrement Ahlfors, *loc. cit.*, III; Lavrentieff, § 4. *Cf.* aussi Pfluger, 1re Note citée, pour une application de l'inégalité isopérimétrique de la géométrie hyperbolique à l'extension du théorème de Liouville aux fonctions pseudo-analytiques.

(5) *Cf.* Leray, *J. Math.*, 17, 1938.

lité (2) *vérifiée à l'intérieur de* B *on trouve :*

$$(3) \qquad F(r) < \frac{2\pi K^2}{\mu} \frac{1}{\log \frac{R}{r}}, \qquad \omega^2(\rho) < \frac{\pi}{2\mu} F(r) \frac{1}{\log \frac{r}{\rho}} \qquad (R > r > \rho).$$

Un module de continuité s'ensuit pour $w(z)$ à l'intérieur de A. L'inégalité (2) donne donc une condition de continuité uniforme pour les fonctions d'une famille dans toute classe c_μ. De plus, une fonction limite quelconque appartient encore à la même classe; ce qui se démontre par la condition (1), en remarquant que l'intégrale $\int J\, dx\, dy$, sur un domaine à contour régulier, tend en général vers l'intégrale correspondant à la fonction limite, et que l'intégrale $\int (\Phi^2 + \varphi^2)\, dx\, dy$ est inférieurement semi-continue. De là ce théorème général :

L'inégalité isopérimétrique conditionnée (2) *est une condition de normalité pour une famille de fonctions dans la classe* c_μ.

5. D'après la remarque du paragraphe 2, on étend ainsi aux familles normales de fonctions pseudo-analytiques le *critère de Bloch* (6), et en particulier celui des fonctions également bornées. On obtient ensuite le critère des valeurs exceptionnelles en appliquant à $w(z)$ la transformation bien connue de Bloch.

Toujours du lemme précédent, on déduit aisément qu'*une fonction pseudo-analytique ne peut pas être bornée au voisinage d'un point singulier isolé*. Il suffit alors de répéter le raisonnement classique de M. Montel pour étendre à ces fonctions le *théorème de Picard*, dont on obtient ainsi, en faisant $\mu = 1$, une démonstration élémentaire (7).

THÉORIE DES FONCTIONS. — *Sur la somme des classes quasi analytiques.* Note (*) de M. **Ricardo San Juan**, présentée par M. Arnaud Denjoy.

Démonstration de cette proposition : deux fonctions, l'une analytique, l'autre quasi analytique d'une classe déterminée qui coïncident en un point d'un intervalle ainsi que toutes leurs dérivées, coïncident dans tout l'intervalle.

On sait (1), qu'il y a des classes quasi analytiques dont la somme (ensemble

(6) Sous une forme un peu moins précise, car nous considérons dans le domaine transformé des cercles même à plusieurs feuillets.

(7) Les généralisations envisagées jusqu'ici pour le théorème de Picard sont *déduites* de ce théorème lui-même. Il me semble que l'on n'ait encore étudié des fonctions pseudo-analytiques qu'en les ramenant plus ou moins aux fonctions analytiques, à l'exclusion de toute théorie générale.

(*) Séance du 7 juillet 1952.

(1) R. San Juan, *Acta. Math.*, 75, 1944, p. 254.

agrégé) n'est pas quasi analytique. Mais *dans tout intervalle fini* I, *ouvert, fermé ou semi-ouvert, la somme* $\{\mathfrak{M}_n\}+\{n!\}$ *d'une classe quasi analytique,* $\{\mathfrak{M}_n\}$ (²), *avec la* $\{n!\}$ *des fonctions analytiques est sûrement quasi analytique.*

En d'autres termes, il y a des fonctions quasi analytiques qui sont distinctes quoiqu'elles aient les mêmes dérivées en un point; mais si l'une d'elles est analytique, alors elles coïncident quelle que soit la classe quasi analytique à laquelle appartient l'autre.

Supposons que l'intervalle I soit de longueur unité. Soient

$$f_1(x)\in\{\mathfrak{M}_n\} \quad \text{et} \quad f_2(x)\in\{n!\} \quad \text{avec} \quad f_1^{(n)}(x_0)=f_2^{(n)}(x_0) \quad \text{pour} \quad n=0,1,2,\ldots$$

au point $x_0\in$ I. La fonction $f(x)=f_1(x)-f_2(x)$ est telle que

$$f^{(n)}(x_0)=0 \quad \text{et} \quad |f^{(n)}(x)|<ck^n(\mathfrak{M}_n+n!) \quad \text{pour} \quad n=0,1,2,\ldots \quad \text{et} \quad x\in\text{I}.$$

Le théorème est évident si $\mathfrak{M}_n\leqq n!$ ou bien $n!\leqq\mathfrak{M}_n$ à partir de $n\geqq n_0$. Soit donc $\mathfrak{M}_{n_\nu}<n_\nu!$ pour une suite infinie $n_\nu\to\infty$ et $\mathfrak{M}_n\geqq n!$ pour $n\neq n_\nu$. On a alors $\mathfrak{M}_{n_\nu}+n_\nu!<2n_\nu!$. Comme l'on a pour tout n :

$$f^{(n)}(x)=\int_{x_0}^{x}f^{(n+1)}(t)\,dt, \qquad \text{d'où l'on tire} \qquad |f^{(n)}(x)|\leqq\max_{x\in\text{I}}|f^{(n+1)}(x)|,$$

il en résulte $|f^{(n)}(x)|<\mathfrak{M}'_n$, si nous prenons

$$\mathfrak{M}'_n=2ck^{n_\nu}n_\nu! \qquad \text{pour} \quad n_{\nu-1}<n\leqq n_\nu;$$

et il suffit d'appliquer le lemme élémentaire suivant pour en déduire $f(x)\equiv 0$ sur I.

Lemme. — *La succession* $\mathfrak{M}'_n$ *ainsi définie, satisfait à la condition de Carleman :*

$$\sum_{n=0}^{\infty}\frac{1}{\mathfrak{M}^*_n}=\infty \qquad \text{où} \quad \mathfrak{M}^*_n=\min_{h\geq 0}\sqrt[n+h]{\mathfrak{M}'_{n+h}},$$

quelles que soient la succession $n_\nu\to+\infty$ *et les constantes positives* c *et* k.

En effet, ce minimum est certainement atteint pour un n_ν, puisque $\sqrt[n]{\mathfrak{M}'_n}$ décroît dans chaque intervalle $n_{\nu-1}<n\leqq n_\nu$; et en particulier on a

$$\mathfrak{M}_{n_\nu}=\sqrt[n_\nu]{2ck^{n_\nu}n_\nu!}, \qquad \text{donc} \quad \frac{n_\nu}{\mathfrak{M}^*_{n_\nu}}\to\frac{e}{k};$$

ce qui est contraire à la condition nécessaire de convergence.

(²) H. Cartan, *Actual. Sc. Ind.*, 867, 1945, p. 5.

ASTROPHYSIQUE. — *Photographie directe du centre de la Voie Lactée dans le proche infrarouge.* Note (*) de MM. **Jean Dufay**, **Joseph-Henri Bigay** et **Pierre Berthier**, présentée par M. André Danjon.

Avec des objectifs à grande ouverture relative, on a photographié directement, en utilisant des radiations du proche infrarouge, la plage brillante voisine du centre de la Voie Lactée, complètement invisible en lumière bleue. Elle n'avait été décelée jusqu'ici qu'à l'aide de dispositifs électroniques.

La galaxie présentant les caractères d'une spirale du type Sb doit posséder un noyau comparable à celui de la nébuleuse d'Andromède (M 31). Le fait qu'il n'apparaît pas sur les photographies ordinaires, prises en lumière bleue, peut être attribué à l'absorption interstellaire, très forte, au voisinage du plan galactique, pour les radiations de courtes longueurs d'onde. L'espace est bien plus transparent dans le proche infrarouge. En travaillant sur la longueur d'onde moyenne 10 300 Å, Stebbins et Whitford (1) ont exploré, point par point, la région du centre de la Voie Lactée, avec une cellule photoélectrique et ils ont réussi à mettre en évidence un rayonnement qui semble provenir du noyau. Plus récemment, Kaliniak, Krassovsky et Nikonov (2) sont parvenus à photographier cette région au moyen d'un convertisseur électronique d'images (longueur d'onde moyenne 9800 Å). Kholopov (3) a discuté les deux séries d'observations, dont les résultats diffèrent sur quelques points.

Un calcul sommaire, basé sur la courbe d'absorption interstellaire de Whitford (4), nous a conduits à penser que la plage brillante voisine du centre galactique pourrait être photographiée directement en isolant, au moyen d'un filtre approprié, une région spectrale comprise entre 8 000 et 8 900 Å environ. L'expérience a été tentée à l'Observatoire de Lyon, avec le télescope Schmidt construit par l'un de nous (5) (longueur focale, 590 mm; ouverture relative, F/1,8) et, à l'Observatoire de Haute-Provence, avec un petit objectif de la Société générale d'Optique (F = 160 mm, ouverture relative, F/2). Nous avons associé aux films et aux plaques Eastman 1N, préalablement hypersensibilisés, des filtres transparents au-dessus de 7 400 ou de 8100 Å. Dans les deux cas, la bande spectrale utilisée se trouve limitée, vers les grandes longueurs d'onde,

(*) Séance du 7 juillet 1952.

(1) *Astrophys. J.*, 106, 1947, p. 235.

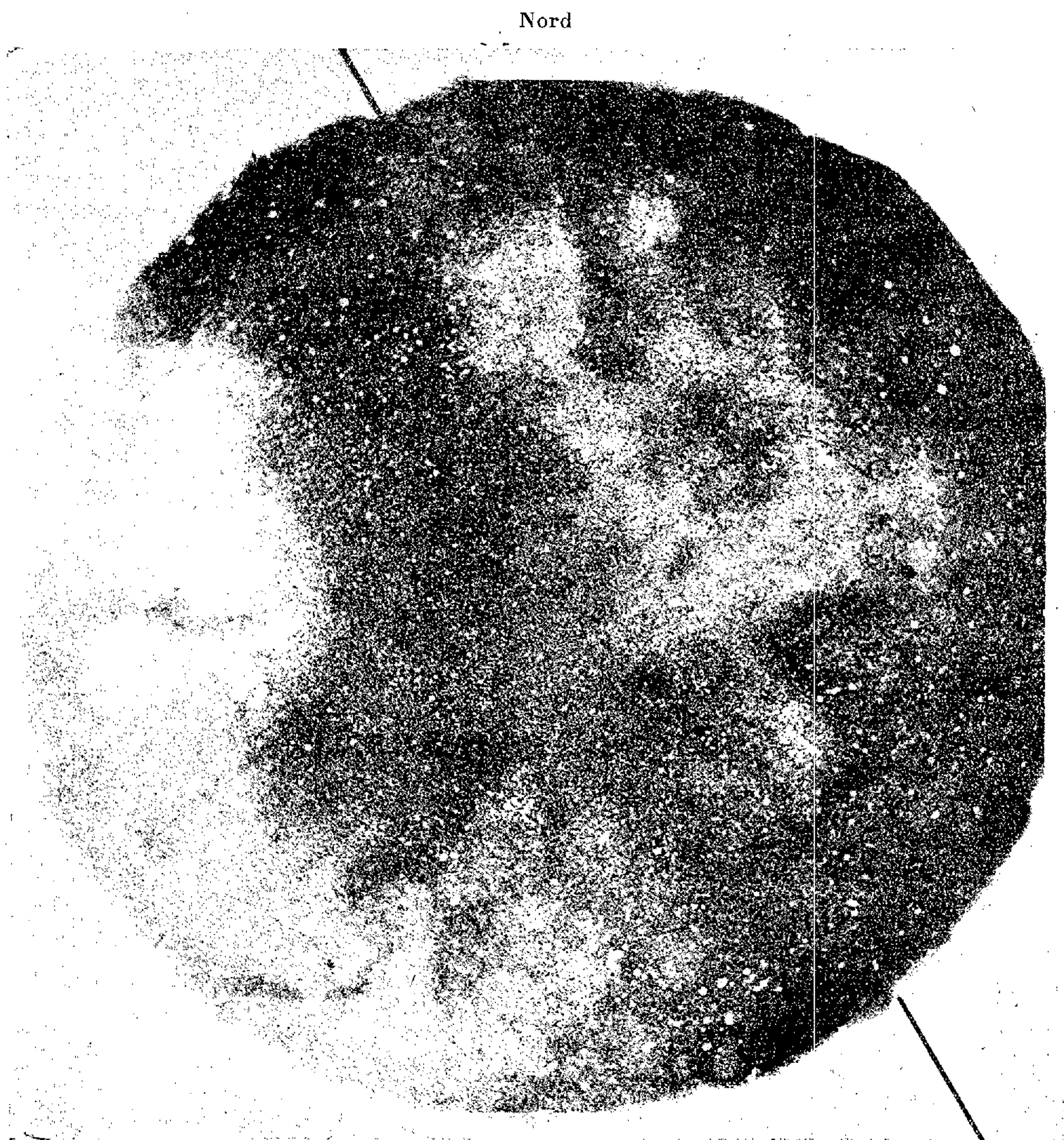
(2) *Izvestia de l'Observatoire de Crimée*, 6, 1951, p. 119.

(3) *J. astr. U. R. S. S.*, 27, 1950, p. 110.

(4) *Astrophys. J.*, 107, 1948, p. 102.

(5) J. Bigay, *L'Astronomie*, 59, 1945, p. 137.

à 8 900 Å environ, par la chute de sensibilité de l'émulsion. Des poses de comparaison ont aussi été faites en bleu, sur plaques Eastman 103 *a*O, sans filtre et, en rouge, sur plaques 103 *a*E, avec un filtre isolant une étroite bande spectrale de 6 400 à 6 700 Å.



Photographie du centre de la Voie Lactée dans le proche infrarouge.
Le grand nuage du Sagittaire (*à gauche*) est seul visible en lumière bleue.

Complètement invisible sur les photographies prises en lumière bleue, la plage brillante commence à donner une trace d'impression en rouge lorsque l'on pose plus de 1 h. En infrarouge, elle apparaît avec une grande intensité avec des poses de 20 à 60 m, suivant le filtre interposé. La figure ci-dessus reproduit, à titre d'exemple, un cliché obtenu avec le petit objectif

et le filtre le plus transparent. La masse brillante, nettement excentrée par rapport à l'équateur galactique (figuré par un trait extérieur à la photographie) s'insère bien parmi les isophotes tracés par les astronomes russes, mais nos clichés montrent davantage de détails, avec une extension plus grande vers le Sud. La comparaison avec les tracés photométriques de Stebbins et Whitford montre clairement que le même objet a été observé dans tous les cas. Nos clichés, étalonnés avec des éclairements gradués, se prêtent à des mesures photométriques actuellement en cours d'exécution.

Si, en toute première approximation, on évalue à 2 mag environ l'absorption différentielle entre les longueurs d'onde 6 560 et 8 500 Å, on trouve, à l'aide de la courbe d'absorption de Whitford, que l'absorption totale serait de l'ordre de 2,3 mag à 8 500 Å, de 4,3 mag à 6 560 Å et d'environ 7 mag à 4 260 Å. Une telle absorption correspondrait, par exemple, à un parcours de 3 500 parsecs, avec un coefficient d'absorption moyen de 2 mag/kiloparsec. Il s'agit donc d'un objet réellement très brillant et relativement lointain. Ses dimensions peuvent bien correspondre au noyau de la Voie Lactée qui, comme les autres formations à population II, serait dépourvu de matière absorbante, celle-ci étant concentrée dans les spires externes.

Nos observations suggèrent la possibilité de résoudre en étoiles la plage brillante, en la photographiant sur des plaques de même type, avec un grand instrument.

ASTROPHYSIQUE. — *Sur le champ magnétique variable des étoiles.* Note de M. **Nicolas Stoyko**, présentée par M. André Danjon.

Dans mes travaux précédents ([1]) j'ai trouvé une relation entre la variation de la vitesse de rotation de la Terre et la valeur du champ magnétique. Ces résultats montrent que chaque corps, dont la vitesse de rotation varie, doit posséder un champ magnétique variable proportionnel à la variation de sa vitesse.

En supposant que la force du champ magnétique au pôle (H_p) de la Terre est égale à 0,66 gauss environ, j'ai trouvé la relation suivante :

$$dH_p = -11\,554 \frac{dT}{T}. \tag{1}$$

En tenant compte des dimensions des grandeurs on peut écrire, sous la forme suivante, la relation entre les variations du champ magnétique et de la durée de rotation :

$$dH_p = -\eta \sqrt{\frac{M}{R}} \frac{dT}{T^2} = +\eta R \sqrt{\frac{\delta}{3\pi}} d\omega, \tag{2}$$

([1]) *Comptes rendus*, 233, 1951, p. 80 et 234, 1952, p. 1780.

où M est la masse, R le rayon, T la période, ω la vitesse angulaire, δ la densité du corps en rotation et η un coefficient numérique. Étant donné que pour la Terre

$$M = 5,9983.10^{27}\ \text{g},\qquad R = 6,3784.10^{8}\ \text{cm},\qquad T = 86\,400\ \text{s},$$

on trouve $\eta = 0,3255$ et la formule (2) prend la forme

$$(3)\qquad dH_p = -\ 0,3255\sqrt{\frac{M}{R}}\,\frac{dT}{T^2} = +\ 0,106\ R\,\delta^{\frac{1}{2}}\,\omega.$$

Pour les étoiles on donne ordinairement la masse et le rayon en fonction de ceux du Soleil. En posant $M_\odot = 1,985.10^{33}$ g, $R_\odot = 6,955.10^{10}$ cm, on trouve

$$(4)\qquad dH_p = -\ 5,498.10^{10}\sqrt{\frac{M_*}{R_*}}\,\frac{dT}{T^2} = 0,737\ R_*\,\delta^{\frac{1}{2}}\,d\omega.$$

Pour le Soleil $T = 2,36.10^6$ s, donc pour que le champ magnétique du Soleil varie de un gauss, il faut que la durée de rotation de cet astre varie $4,29.10^{-5}$, soit de 100 secondes environ. Pour le champ magnétique du Soleil on a trouvé des valeurs variant entre 0 (vers le maximum de l'activité du Soleil) et 50 gauss (vers le minimum). Par conséquent, pour expliquer cette variation du champ magnétique, il suffit de supposer une variation de la vitesse de l'ordre de $2,14.10^{-3}$.

M. H. W. Babcock a découvert des étoiles, dont le champ magnétique est variable et même, quelquefois, change le signe. L'étoile la mieux étudiée est HD 125248 [2]. Comme pour cette étoile $M_* = 2,4$, $R_* = 2,4$, $T = 104880$ s, on a, d'après la formule (4),

$$dH_p = -\ 5,242.10^{5}\,\frac{dT}{T}.$$

Étant donné que la demi-amplitude de variation du champ magnétique de cette étoile est égale à 6600 gauss, on trouve, pour la variation de la durée de rotation : $1,27.10^{-2}$. Une variation de la durée de rotation égale à 1332 s est donc suffisante pour expliquer la variation observée du champ magnétique.

On trouve pour une étoile naine blanche (40 Éridani), dont $R_* = 0,016$, $M_* = 0,45$, $T = 250$ s :

$$dH_p = -\ 1,166\ 10^{9}\,\frac{dT}{T}.$$

On suppose généralement que ces étoiles peuvent avoir un champ magnétique considérable. Pour que 40 Éridani en possède un de l'ordre de 10^7 gauss à un moment donné, il suffit que $dT/T = 0,858\ 10^{-2}$. Autrement dit, une variation de la durée de rotation de l'ordre de deux secondes peut produire ce champ magnétique.

---

[2] H. W. Babcock, *Nature*, 166, 1950, p. 249.

Ainsi, les grandes variations du champ magnétique des étoiles pourraient s'expliquer par des variations de leur durée de rotation de l'ordre de 1 : 100.

Quand il y a variation du rayon de l'étoile, la période de sa rotation varie. On trouve la relation suivante :

$$\frac{dR}{R} = \beta \frac{dT}{T},$$

où $\beta = \beta' M/M_e$, M étant la masse totale de l'astre, M_e la masse de la partie participante aux pulsations et β' une fonction de $p = R/R_i$, où R_i est rayon de la masse intérieure qui ne participe pas aux pulsations. En introduisant ces valeurs dans la formule (2) et en divisant par dt, on trouve

$$\frac{dH_p}{dt} = -\frac{\eta}{\beta T}\sqrt{\frac{M}{R^3}}\frac{dR}{dt} = +\frac{\eta}{\beta T}\sqrt{\frac{M}{R^3}} = \Delta V_R,$$

où ΔV_R est la partie variable de la vitesse radiale. Pour l'étoile de H. W. Babcock (HD 125 248), on trouve

$$\frac{dH}{dt} = 0,3167\frac{\Delta V_R}{\beta},$$

où ΔV_R est exprimée en kilomètres par seconde. D'après H. W. Babcock

$$\frac{dH_p}{dt} = -6600 \times 2\pi\nu_0 \sin\theta = -5,184.10^{-2}\sin\theta,$$

en conservant le terme ayant la période de 9,295 jours. Comme la vitesse radiale de cette étoile varie entre — 3 et — 10 km/s, la demi-amplitude est égale à — 3,5 km/s. La comparaison des deux formules précédentes donne

$$\beta = 21,37.$$

En adoptant pour cette étoile une même distribution des masses que pour le Soleil et en utilisant les résultats du tableau I de M. S. Chapman [1], j'ai trouvé que, pour expliquer la variation du champ magnétique de cette étoile, il faut que la partie qui est au delà de 0,57 du rayon prenne part aux pulsations qui déterminent la variation de la vitesse radiale. Ces pulsations déterminent la variation de la durée de rotation qu'on a trouvée plus haut ($1,27.10^{-2}$).

ASTROPHYSIQUE. — *Sur la répartition de l'énergie dans les spectres continus des étoiles des premiers types spectraux.* Note de MM. **Daniel Chalonge**, **Pierre Guérin** et **Salvatore Taffara**, présentée par M. André Danjon.

Les recherches de spectrophotométrie stellaire relative (comparaison des spectres continus de deux étoiles) et absolue (comparaison d'un spectre

(1) *Monthly Notices of R. A. S.*, 108, 1948, p. 240.

continu stellaire à celui du corps noir) en cours à l'Institut d'Astrophysique permettent d'énoncer quelques résultats généraux qui complètent et précisent certains résultats déjà signalés.

Comparons, dans le domaine 3800-6500 Å, le spectre continu d'une étoile E, de type antérieur à B5, à celui d'une étoile E′ quelconque de type antérieur à GO, aucune de ces étoiles n'étant rougie par absorption interstellaire. Soient respectivement I_λ et I'_λ les intensités de la radiation λ dans les spectres continus des étoiles E et E′. Les observations permettent de tracer la courbe C

$$\log I_\lambda/I'_\lambda = f(1/\lambda).$$

1° Si E′ est une étoile de classe O, B ou d'un des premiers sous-types A, la courbe C se réduit à une droite dans tout le domaine considéré et permet de définir le gradient relatif G(E, E′). C'est pourquoi il a été possible de définir une échelle de gradients relatifs valable dans tout ce domaine spectral pour comparer entre elles les étoiles non rougies appartenant à l'une de ces catégories.

2° Si E′ appartient aux derniers sous-types de la classe A, une cassure commence à se discerner au voisinage de $1/\lambda = 2,10$ ($\lambda = 4800$ Å).

Si E′ est une étoile F, la cassure se précise et la courbe C peut, en première approximation, être représentée par deux éléments de droite se coupant vers 4800 Å. La comparaison d'une étoile F à une étoile B exige donc deux gradients, G_r et G_b, valables respectivement pour les longueurs d'onde plus grandes et plus courtes que 4800 Å environ.

3° Comparons maintenant le spectre continu de l'étoile E′ (d'un type quelconque compris entre O et F8) à celui du corps noir C et traçons la courbe Γ

$$\log I'_\lambda/I_{0\lambda} = g(1/\lambda),$$

où $I_{0\lambda}$ représente l'intensité de la radiation λ du corps noir.

Les spectres continus stellaires apparaissent comme différant beaucoup du spectre d'un corps noir, au moins pour les types O, B et A : pour les étoiles de ces types, la courbe Γ se compose en effet (en première approximation) de deux tronçons de droite se coupant au voisinage de 4800 Å.

La comparaison de ces étoiles au corps noir exige donc *deux gradients absolus*, φ_r et φ_b, respectivement valables pour les domaines de longueur d'onde supérieure et de longueur d'onde inférieure à 4800 Å (alors que la comparaison de deux de ces étoiles *entre elles* n'en exigeait qu'un). Lorsque l'on aborde le type F, l'écart entre φ_r et φ_b diminue et le rayonnement des étoiles F de plus en plus avancées tend vers un rayonnement de corps noir.

Ce dernier résultat explique celui du paragraphe 2 : le spectre d'une étoile F étant assez voisin de celui d'un corps noir, il faut bien deux gradients pour comparer une étoile B à une étoile F.

Échelle des gradients absolus. — Dès 1940, Kienle, Strassl et Wempe avaient indiqué (¹) que le rayonnement des étoiles AO différait beaucoup de celui d'un corps noir et les valeurs des gradients absolus donnés par eux sont du même ordre de grandeur que celles que fournissent les études actuellement en cours à l'Institut d'Astrophysique.

En attendant une détermination précise des zéros des échelles des φ_r et des φ_b nous avons adopté pour les définir provisoirement les valeurs suivantes des φ pour η U Ma :

$$\varphi_b = 0,56, \qquad \varphi_r = 1,08.$$

Le gradient G(α Lyr, η U Ma) étant égal à 0,25, il en résulte pour α Lyr les valeurs de φ suivantes : $\varphi_b = 0,81$, (température de couleur 22 000°) et $\varphi_r = 1,33$ (température de couleur 12 000°) identiques à celles données par Kienle et ses collaborateurs (¹) pour les étoiles AO.

Ces données permettent de corriger les échelles de φ_b utilisées jusqu'ici (²) et de construire l'échelle des φ_r pour les étoiles antérieures aux premiers sous-types A (³).

ASTROPHYSIQUE. — *Étude de deux étoiles très rougies dans le Sagittaire.* Note de Mlle **Lucienne Divan**, présentée par M. André Danjon.

Ces deux étoiles ont été signalées par D. Popper (¹) qui donne à leur sujet les renseignements suivants :

	Type.	m_v.	E_1.
HD 168 607	cB 8$e\gamma$	8,5	0,9
HD 168 625	cB 2	8,5	0,9

E_1 étant l'excès de couleur dans l'échelle de Stebbins. Il semble que ce soient les étoiles ayant la plus forte absorption interstellaire connue. Elles sont situées à 1′3 l'une de l'autre dans un petit nuage obscur près du bord sud de la nébuleuse M 17.

Quelques spectres de ces deux étoiles ont été pris à l'Observatoire Mc Donald par Mlle Canavaggia et Kourganoff avec le spectrographe à oscillation de D. Chalonge, sur plaques II *a* O en général; un seul de ces spectres se trouve sur une plaque panchromatique et permet d'étendre le domaine étudié au delà de 4600 Å, vers les grandes longueurs d'onde.

Nous avons cherché à déterminer avec la plus grande précision possible la

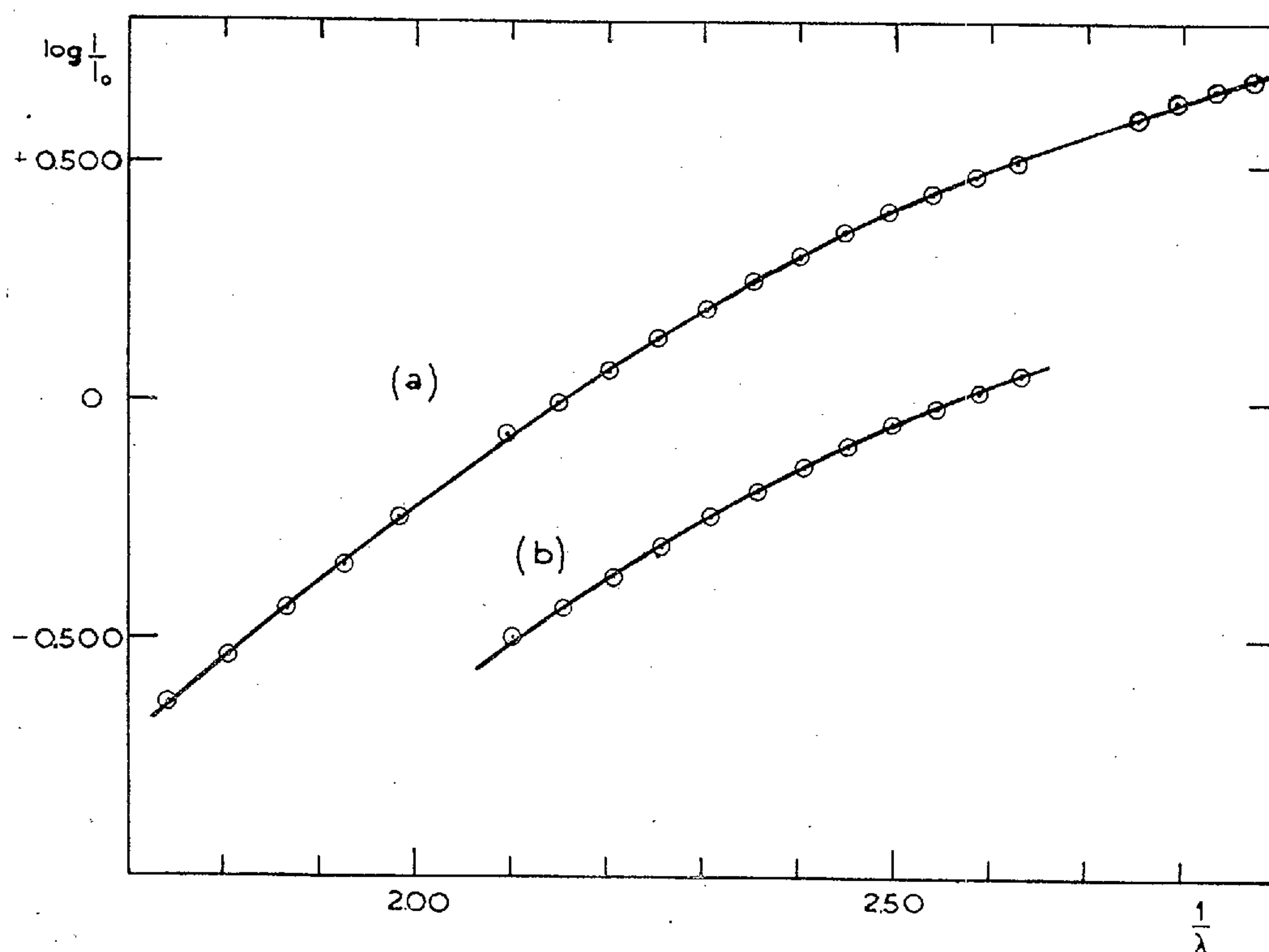
(¹) *Zs. f. Ap.*, 20, 1940, p. 91.
(²) D. Barbier et D. Chalonge, *Annales d'Astrophysique*, 4, 1941, p. 30.
(³) D. Chalonge et L. Divan, *Annales d'Astrophysique*, 15, 1952 (sous presse).

(¹) *P. A. S. P.*, 52, 1940, p. 401.

loi de variation de l'absorption produite par la matière interstellaire sur le rayonnement de ces deux étoiles. Pour cela, il fallait d'abord préciser leur type; l'étude des spectres a permis de déterminer, pour chacune des deux étoiles, les valeurs suivantes de la discontinuité de Balmer D et de la longueur d'onde λ_1 (²) :

	D.	λ_1.
HD 168 607	0,09	3694 Å
HD 168 625	0,15	3720 Å

Le graphique qui a été précédemment publié (³) permet, à l'aide des données D et λ_1, de déterminer le type Yerkes d'une étoile. On trouve ainsi pour HD 168 625 : le type B 5 I*a*. Le point correspondant à HD 168 607 tombe



en dehors des limites du graphique à cause de la valeur exceptionnellement faible de λ_1; il semble cependant se placer très bien dans le prolongement de la zone correspondant au type B 8 (ou peut-être B 9). Bien que la discontinuité D = 0,09 soit très inférieure à celle des supergéantes classiques de type B 8 et même B 5, HD 168 607 serait donc bien une B 8. Cette étoile possède les caractères de supergéante à un degré tout à fait exceptionnel.

(²) D. Chalonge et L. Divan, *Comptes rendus*, 234, 1952, p. 2343.

(³) Il est contenu dans la Note déjà citée (²), mais se trouve reproduit dans une Note toute récente : J. Berger, *Comptes rendus*, 235, 1952.

En résumé, les types Yerkes des deux étoiles sont : B 8 I*a* pour HD 168 607 et B 5 I*a* pour HD 168 625.

Les types spectraux des deux étoiles étant fixés, il suffit pour mesurer l'absorption interstellaire de comparer chacune d'elles à une étoile ayant aussi exactement que possible le même type spectral et exempte d'absorption interstellaire. Nous avons comparé, pour chaque longueur d'onde, l'intensité I de HD 168 607 à celle I_0 de β Ori (B 8 I*a*); la discontinuité de cette dernière, D = 0,18, est supérieure à 0,09 à celle de HD 168 607, mais nous admettons cependant que les deux étoiles ont les mêmes gradients; par conséquent, après une correction de 0,09 appliquée aux points situés au delà de la limite de Balmer, la courbe (*a*) de la figure 1, représentant $\log(I/I_0)$ en fonction de $1/\lambda$, donne la loi de variation de l'absorption interstellaire entre HD 168 607 et nous.

La courbe (*b*) de la figure 1 représente la comparaison de HD 168 625 à une étoile ayant la courbe d'énergie de la moyenne des B 5; elle donne donc la loi de variation de l'absorption interstellaire entre HD 168 625 et nous. Les courbes (*a*) et (*b*) étant pratiquement superposables, par translation parallèle aux ordonnées, la quantité de matière absorbante interposée doit être sensiblement la même pour les deux étoiles. Les deux courbes définissent une même loi d'absorption; nous nous proposons de la comparer avec celles que l'on peut déterminer dans d'autres directions du ciel.

On peut mesurer sur les courbes (*a*) et (*b*) les excès de couleur E_1 des deux étoiles dans l'échelle de Stebbins; les deux longueurs d'onde effectives correspondantes sont 4260 et 4770 Å; la différence des ordonnées correspondant à ces deux longueurs d'onde multipliée par 2,5 donne immédiatement la valeur de E_1. On trouve ainsi

pour HD 168 607 : $E_1 = 0,82$;
pour HD 168 625 : $E_1 = 0,79$,

valeurs très voisines de celles données par Popper.

ASTROPHYSIQUE. — *Étude du spectre continu de quelques étoiles à atmosphère étendue*. Note de M[lle] **Anne-Marie Fringant**, présentée par M. André Danjon.

Les spectres d'un certain nombre d'étoiles à atmosphère étendue (shell-stars) ont été obtenus à l'aide du petit spectrographe ultraviolet à châssis oscillant, de l'Institut d'Astrophysique [1] fixé au foyer Cassegrain, soit du télescope de 80 cm de l'Observatoire de Haute-Provence, soit du télescope

[1] D. Chalonge, *l'Astronomie*, 65, 1951, p. 91.

de 82 pouces de l'Observatoire Mc Donald ([2]). Il a été ainsi possible de déterminer, par comparaison avec des étoiles connues, les gradients absolus φ_b (dans le bleu violet) et φ_{uv} (dans l'ultraviolet) de ces étoiles, ainsi que leurs discontinuités de Balmer D.

Dans un précédent travail ([2]) il a été indiqué une méthode permettant en quelque sorte de supprimer l'enveloppe à faible pression et de déterminer la valeur de la discontinuité de Balmer D_0 de l'étoile centrale seule ([3]). Cette méthode a été appliquée aux étoiles à atmosphère étendue « en absorption », c'est-à-dire présentant une discontinuité de Balmer plus grande que la normale (les six premières du tableau). On a pu ainsi déterminer pour le « noyau » de chacune de ces étoiles les valeurs de λ_1 et D_0, par suite son type spectral.

★.	D.	D_0.	λ_1.	Type.	φ_b.	φ_{uv}.	$\Delta\varphi - \Delta\varphi_0$.
ξ Tau	0,17	0,11	3744	B2 III	0,69	0,55	−0,13
BD + 44° 4014	0,35	0,15	3751	B2 IV	1,11	1,04	−0,17
HD 217 050	0,25	0,15	3741	B3 III	0,88	0,73	−0,20
BD + 29° 3982	0,37	0,17	3759	B3 IV-V	1,61	1,87	+0,20 ([4])
Pléione	0,39	0,35	3746	B8 IV	0,80	1,10	+0,11
HD 190 073	0,57	0,45	3759	B9 V	–	–	–
φ Per	0,01	0,04	3743	O9 II	0,96	0,80	−0,01
59 Cyg	0,01	0,06	3759	O9 V	1,02	0,93	+0,06
1 H Cam	0,10	0,13	3759	B2 V	0,96	1,03	+0,03
υ Cyg	0,10	0,14	3762	B2 V	0,96	1,03	+0,03
11 Cam	0,13	0,17	3749	B3 IV	1,02	1,17	+0,11

Les cinq dernières étoiles du tableau sont caractérisées par l'existence dans leur spectre de plusieurs raies de Balmer en forte émission, ainsi que d'une émission continue dans l'ultraviolet : le fait que cette dernière émission débute au voisinage immédiat de la limite théorique de Balmer montre qu'elle provient d'une enveloppe à faible pression.

Ces étoiles à atmosphère étendue en émission ont été traitées comme les premières : il est en effet possible d'estimer où commencerait l'absorption continue du noyau seul, si l'on supprimait l'enveloppe à faible pression, et par suite, de déterminer les valeurs de λ_1 et D_0 pour le noyau ainsi que son type spectral. Ces déterminations, ainsi que les gradients de l'étoile réelle, sont donnés par les cinq dernières lignes du tableau.

([2]) Ces derniers spectres, obtenus, par Mlle R. Canavaggia et M. V. Kourganoff, ont déjà été l'objet d'une publication (*Comptes rendus*, **232**, 1951, p. 2398).

([3]) Cette méthode repose sur le fait d'observation suivant [qu'illustre la figure contenue dans la note citée en ([2])] : les raies de Balmer visibles cessent au voisinage d'un point *c*, mais la discontinuité se prolonge jusqu'en un point *a* de longueur d'onde beaucoup plus voisine de la limite théorique de Balmer. On peut admettre que la partie *ca* de la discontinuité est due à l'enveloppe.

([4]) Résultat très incertain : déduit d'un seul spectre sous-exposé dans l'ultraviolet.

On voit que les étoiles du premier groupe sont de type postérieur à B2, et celles du second, de type antérieur à B3.

On peut prévoir que l'absorption continue supplémentaire de l'enveloppe d'hydrogène dans les étoiles du premier groupe doit s'accompagner d'une augmentation de la température de couleur ultraviolette (diminution de φ_{uv}) par rapport à celle qui caractérise les étoiles normales de même type; le phénomène inverse s'observerait pour les étoiles du second groupe.

Pour le vérifier, il suffirait de comparer le φ_{uv} de l'étoile à atmosphère étendue à celui d'une étoile normale de même type. Mais les φ_b étant pratiquement les mêmes ([5]), il revient au même de comparer la quantité $\Delta\varphi = \varphi_{uv} - \varphi_b$ de la shell à la quantité correspondante $\Delta\varphi_0$ de l'étoile normale, car cette quantité a l'avantage d'être indépendante de l'absorption interstellaire [qui, en pratique, affecte également φ_b et φ_{uv} ([6])]. La dernière colonne du tableau donne la valeur de $\Delta\varphi - \Delta\varphi_0$. Il semble, qu'aux erreurs de mesure près, ce nombre soit négatif pour les étoiles à enveloppe absorbante, positif pour les autres. Cette constatation vérifie la prévision faite : l'absorption augmente la température de couleur du spectre continu ultraviolet, l'émission la diminue.

RADIOASTRONOMIE. — *Mesures du rayonnement de la Voie Lactée sur* 255 Mc/s. Note (*) de M. **Ivan Atanasijević**, présentée par M. André Danjon.

La détermination de l'intensité du rayonnement de la Voie Lactée en fonction des coordonnées célestes (ascension droite et déclinaison, ou plutôt longitude et latitude galactiques) a été l'objet de plusieurs séries de mesures, dont les plus complètes sont les suivantes :

Auteurs.	Fréquence (Mc/s).	Date.
Hey, Parsons et Phillips	64	1948
Bolton, Stanley et collab.	100	1950
Reber	167	1944
Allen et Gum	200	1950
Reber	480	1948

A l'exception de la dernière, toutes ces mesures se rapportent à des

([5]) Les φ_b d'une étoile normale et d'une étoile à émission ne pourraient différer appréciablement que si le spectre continu lié à la série de Paschen était en émission, ce qui supposerait une très forte émission du spectre continu de Balmer. Les différences qu'avaient signalées Barbier et Chalonge (*Ann. d'Astrophys.*, 4, 1941, p. 30) étaient probablement dues à l'absorption continue interstellaire.

([6]) L. Divan, *Comptes rendus*, 233, 1951, p. 284.

(*) Séance du 7 juillet 1952.

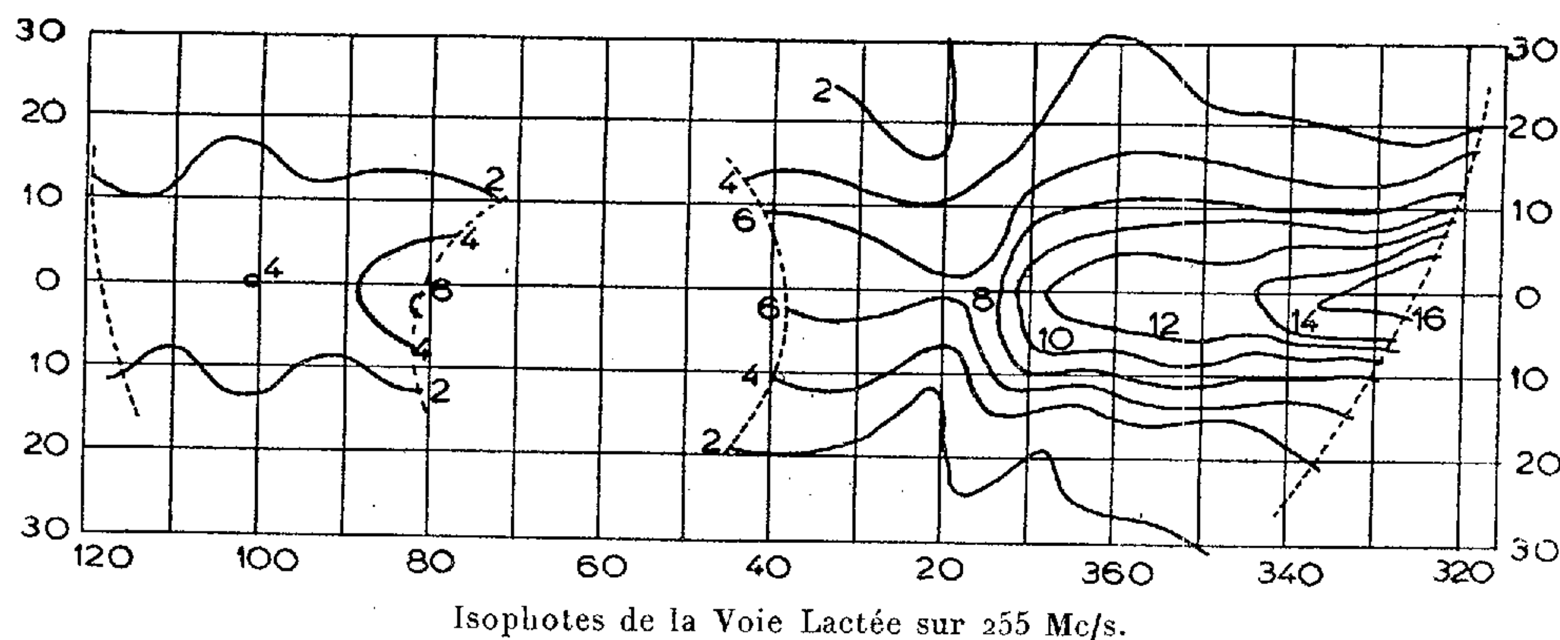
fréquences inférieures à 200 Mc/s, mais cette dernière n'a pas été publiée *in extenso* par son auteur.

Nous avons entrepris des mesures à l'aide du radiotélescope de l'Institut d'Astrophysique de Paris, construit par M. Laffineur à l'Observatoire de Meudon. Les caractéristiques de l'instrument sont les suivantes :

Fréquence, 255 Mc/s; largeur de la bande passante, 1 Mc/s; constante de temps de l'indicateur, 1 s; antenne, paraboloïde de 7,5 m de diamètre avec dipôle demi-onde et réflecteur au foyer; polarisation, horizontale.

Le montage de l'instrument est azimutal. On a enregistré le rayonnement reçu en balayant en azimut, la hauteur étant fixe. Pour des raisons de symétrie, les observations ont été faites au voisinage du passage du plan galactique par le zénith du lieu. La région du Sagittaire, inaccessible dans cette position du plan galactique, a été mesurée lors du passage au méridien.

Chaque série de mesures consistait en plusieurs traversées de la Voie Lactée à hauteur fixe. Pour contrôler la stabilité de l'appareil, on pointait l'antenne vers une région du ciel, toujours la même et éloignée du plan galactique. Pour contrôler le gain du récepteur et relier entre elles les diverses séries, on commençait chacune d'elles par l'enregistrement de deux régions de la Voie Lactée donnant un rayonnement assez fort. Ces observations de contrôle ont été effectuées toujours au même temps sidéral, ce qui assurait la fixité de la position de la région choisie comme référence par rapport à l'horizon ainsi que de son orientation par rapport à l'antenne.



Isophotes de la Voie Lactée sur 255 Mc/s.

Plusieurs séries de mesures effectuées aux mois de mai et juin permettent de dresser une carte préliminaire de radio-isophotes de la Voie Lactée, telle qu'elle est vue par l'antenne (*fig.* 1). Les courbes en pointillé limitent les hauteurs observées, soit de 10 à 66° au Sud et de 24 à 73° au Nord au-dessus de l'horizon de Meudon.

Les isophotes, symétriques par rapport au plan galactique quand il s'agit d'intensités fortes, ne le sont plus au voisinage de la longitude 0° si l'on passe aux intensités faibles. Ce phénomène est bien net sur les

isophotes à 64, 100, 167 et 200 Mc/s, mais semble absent ou, peut-être, déplacé en longitude et beaucoup moins important sur 480 Mc/s. Aurait-il quelque rapport avec la matière interstellaire dans cette région ?

Un maximum faible apparaît près de la longitude 100°. Seules les cartes de Reber couvrent cette région, sans montrer l'existence de ce maximum. Par contre, les mesures de Hey, Parsons et Phillips qui s'arrêtent à 120° de longitude galactique laissent soupçonner un accroissement d'intensité dans cette région.

Les observations seront poursuivies et les résultats définitifs publiés ailleurs.

PHYSIQUE THÉORIQUE. — *Sur l'état supraconducteur.* Note de M. **Jean G. Valatin**, présentée par M. Louis de Broglie.

Les équations phénoménologiques [1], [2] postulées par London sont considérées en général comme les équations macroscopiques correctes de l'électrodynamique d'un supraconducteur. Bopp a montré [3] que ces équations peuvent être déduites comme équations du mouvement irrotationnel d'un ensemble d'électrons sous l'influence des forces électromagnétiques classiques. Cette relation devient encore plus apparente par les considérations récentes de Dirac relatives à la théorie des électrons [4] [5]. Dans le cas irrotationnel, en choisissant la jauge du potentiel de façon que $A_\mu A^\mu = k^2$, les équations de Maxwell peuvent être écrites, avec $F_{\mu\nu} = \partial_\mu A_\nu - \partial_\nu A_\mu$, $\lambda = \lambda(x)$, sous la forme

$$(1\,a,\,b) \qquad \partial^\nu F_{\mu\nu} = -s_\mu, \qquad s_\mu = -\lambda A_\mu.$$

(1 *a*) et $F_{\mu\nu} = \partial_\nu(\lambda^{-1}s_\mu) - \partial_\mu(\lambda^{-1}s_\nu)$ expriment, avec $\lambda = \text{const.}$, le contenu des équations de London.

Il est assez naturel de supposer que le mécanisme simple qui conduit à ces équations caractérise en effet l'état supraconducteur et que dans celui-ci tout se passe comme si les électrons supraconducteurs se déplaçaient librement, sous l'influence des interactions électromagnétiques. Le rôle des interactions électrodynamiques dans ce mécanisme doit être souligné [6]. Il paraît difficile

(1) F. et H. London, *Proc. Roy. Soc.*, A, **149**, 1935, p. 71 ; *Physica*, **2**, 1935, p. 341 ; F. London, *Une conception nouvelle de la supra-conductibilité*, Paris, 1937 ; *Phys. Rev.*, **74**, 1948, p. 562.

(2) M. v. Laue, *Ann. Physik*, **32**, 1938, p. 71, 253 ; **42**, 1942, p. 65 ; *Z. Physik*, **125**, 1949, p. 517.

(3) *Z. Physik*, **107**, 1937, p. 623.

(4) P. A. M. Dirac, *Proc. Roy. Soc.*, A, **209**, 1951, p. 291 ; **212**, 1952, p. 330.

(5) *Voir* aussi A. Lichnerowicz, *Ann. Ec. Norm.*, **60**, 1943, p. 247.

(6) *Voir* aussi J. Frenkel, *Phys. Rev.*, **43**, 1933, p. 907 ; H. Welker, *Z. Physik*, **114**, 1939, p. 525.

à imaginer que des équations décrivant l'interaction électrodynamique des électrons devraient résulter d'une théorie dont l'hamiltonien ne contient que des interactions coulombiennes.

Dans la mécanique ondulatoire, en décomposant une onde scalaire $\psi = ae^{i\Theta}$ à l'aide d'une amplitude et d'une phase réelle, l'expression du courant prend la forme ([7])

$$(2) \qquad s_\mu = -2\frac{e}{c}a^2\left\{\frac{e}{c}A_\mu - \partial_\mu(\hbar\Theta)\right\}.$$

En liant la jauge du potentiel à la phase des ondes ([8]), ([9]), ([10]), l'expression (2) devient de la forme (1 *b*). Pour un milieu continu, chargé, sans spin, on obtient les équations (1 *a*, *b*), avec le carré de l'amplitude au lieu de λ, et une forme simplifiée de l'équation d'onde qui se réduit pour $\hbar \to 0$ à la condition classique $A_\mu A^\mu = k^2$. (On remarquera la correspondance entre la phase Θ des ondes et le « potentiel supraconducteur » de la théorie phénoménologique). Par une seconde quantification ([8]), ([9]) on obtient les mêmes équations entre opérateurs. Pour un système d'électrons, on devrait remplacer d'abord l'équation d'onde scalaire par l'équation d'onde de Dirac.

En partant de l'hypothèse faite, on peut se former une image intuitive de l'état supraconducteur, en faisant abstraction du spin et de la quantification de la charge et du rayonnement et en décrivant l'état dans un supraconducteur simplement connexe par une amplitude réelle a et un quadrivecteur A_μ. Avec un changement d'unité, les équations correspondantes ([9]) s'écrivent dans le cas stationnaire sous la forme

$$(3a, b) \qquad -\text{rot}\,\text{rot}\,\vec{A} = a^2\vec{A}, \qquad \text{div}\,\text{grad}\,A_0 = a^2 A_0; \qquad \{-\hbar^2\Delta + m^2c^2 + \vec{A}^2 - A_0^2\}\,a = 0.$$

Les champs extérieurs interviennent par les conditions aux limites à la surface du supraconducteur. Dans les équations classiques les dérivées de λ ne figurent pas et avec $A_\mu A^\mu = k^2$ on a $\lambda = -k^{-2}A^\mu s_\mu = k^{-2}A^\mu\partial^\nu(\partial_\mu A_\nu - \partial_\nu A_\mu)$. L'équation d'onde (3 *b*) contient cependant les dérivées de l'amplitude a, et les états stationnaires sont caractérisés par les fonctions propres a, A_μ des équations simultanées, et non linéaires, (3 *a*, *b*). L'état supraconducteur est décrit par la vibration propre énergétiquement la plus stable de ce gaz d'électrons en interaction électromagnétique.

La relation (1 *b*), $s_\mu = -\lambda A_\mu$, est en elle-même une relation classique, qui se retrouve seulement sous la forme (2) en mécanique ondulatoire. Elle a cependant un caractère ondulatoire en ce sens que dans le cas irrotationnel on peut associer au mouvement classique des surfaces d'action constante corres-

---

([7]) L. DE BROGLIE, *J. Phys.*, (6), 8, 1927, p. 225.

([8]) P. A. M. DIRAC, *Nuovo Cimento*, 7, 1950, p. 925.

([9]) J. G. VALATIN, *Comptes rendus*, 234, 1952, p. 64, 188.

([10]) E. SCHRÖDINGER, *Nature*, 169, 1952, p. 538.

pondant aux surfaces de phase de la mécanique ondulatoire, et en introduisant dans celle-ci pour l'ensemble des électrons une onde scalaire, l'hypothèse du mouvement irrotationnel de la théorie classique ([11]) se trouve identiquement satisfaite. En plus, la mécanique ondulatoire fournit les équations quantiques ($3a$, b) et une stabilité de l'état par l'apparition des fonctions propres représentant des ondes électroniques stationnaires.

Si pour une solution stationnaire des équations classiques $\lambda = a^2$ est constante à l'intérieur du supraconducteur et nulle au dehors, cette solution satisfait également les équations d'onde ($3a$, b). Le premier terme de ($3b$) ne donne aucune contribution pour $a = \text{const.}$, bien qu'il garde son rôle dans le choix de la solution stationnaire parmi les fonctions d'onde voisines.

On doit clairement distinguer entre le problème de l'état supraconducteur et celui de la transition entre l'état normal et l'état supraconducteur. Les effets isotopiques récemment observés ([12]) des courbes de transition indiquent seulement des interactions avec les vibrations du réseau au cours de la transition, et ne permettent aucune conclusion en faveur de l'hypothèse ([13]) du rôle d'une telle interaction dans l'état supraconducteur lui-même.

PHYSIQUE THÉORIQUE. — *Sur une correspondance symbolique approchée.* Note de M. **Maurice Cotte**, présentée par M. Louis de Broglie.

Dans une Note étudiant la diffusion d'une goutte de solution sur une lame de gel ([1]), nous avons été conduit à chercher la fonction $C(r, t)$ dont la transformée de Laplace est

$$\int_0^\infty e^{-pt}\, C(r, t)\, dt = \frac{1}{p}\, \frac{H_0^{(1)}(ir\sqrt{p})}{H_0^{(1)}(i\sqrt{p})}. \qquad (1)$$

Dans cette formule, où l'on doit supposer $r \geqq 1$ et $t > 0$, $H_0^{(1)}$ est la fonction de Hankel, rendue uniforme par une coupure le long de l'axe des p négatifs. En remplaçant au second membre de (1), les fonctions de Hankel par le premier terme de leurs développements asymptotiques, valables pour $|p|$ grand, nous

---

([11]) Cette hypothèse ne concerne que l'état supraconducteur lui-même. Comme l'a fait remarquer F. London (*Z. Physik*, 108, 1938, p. 542), l'état initial de l'effet Meissner, champ magnétique constant et courant nul dans l'état normal, correspond à une situation classique rotationnelle. Cependant ici les électrons d'état supraconducteur ne sont pas même présents et la transition à partir de l'état normal implique certainement des interactions avec le réseau métallique.

([12]) B. Serin, C. A. Reynolds et C. Lohman, *Phys. Rev.*, 86, 1952, p. 162; E. Maxwell, *Phys. Rev.*, 86, 1952, p. 234.

([13]) H. Fröhlich, *Phys. Rev.*, 79, 1950, p. 845; J. Bardeen, *Rev. Mod. Phys.*, 23, 1951, p. 261.

([1]) M. Cotte et J. Salvinien, *Comptes rendus*, 223, 1946, p. 315.

avions obtenu pour $C(r, t)$ l'expression approchée

$$(2) \qquad C_1(r, t) = \frac{2}{\sqrt{\pi r}} \int_{\frac{r-1}{2\sqrt{t}}}^{\infty} e^{-x^2} dx$$

valable pour t petit.

Toutefois, comme les développements asymptotiques des fonctions de Hankel ne sont que semi-convergents, et comme la précision des mesures a été améliorée récemment [2], il paraît utile de faire connaître une borne supérieure des erreurs absolues et relatives dont est entachée la représentation (2).

Si nous désignons par $A(p)$ le quotient des fonctions de Hankel au second membre de (1), $C(r, t)$ est donné par l'intégrale

$$(3) \qquad C(r, t) = \frac{1}{2\pi i} \int_{\sigma - i\infty}^{\sigma + i\infty} \frac{A(p)}{p} e^{pt} dp$$

prise sur la droite

$$(4) \qquad Re(p) = \sigma > 0.$$

Comme $A(p)/p$ est régulier en dehors de la coupure, et tend suffisamment vite vers zéro à l'infini, ce contour peut être remplacé par la parabole

$$(5) \qquad Re(\sqrt{p}) = \sqrt{\sigma},$$

sans modifier la valeur de l'intégrale. Le changement de variable $\sqrt{p} = q$ nous donne alors

$$(6) \qquad C(r, t) = \frac{1}{\pi i} \int_{\beta - i\infty}^{\beta + i\infty} A(q^2) e^{q^2 t} \frac{dq}{q},$$

avec

$$(7) \qquad \beta = Re(q) = \sqrt{\sigma} > 0.$$

En posant

$$(8) \qquad a = r - 1,$$

$$(9) \qquad A(q^2) = \frac{1}{\sqrt{r}} e^{-aq}[1 + S(q)],$$

$$(10) \qquad C_2(r, t) = C(r, t) - C_1(r, t),$$

on voit que l'on a

$$(11) \qquad C_2(r, t) = \frac{1}{\pi i \sqrt{r}} \int_{\beta - i\infty}^{\beta + i\infty} e^{q^2 t - aq} S(q) \frac{dq}{q} = \frac{1}{\pi i \sqrt{r}} e^{\beta(\beta t - a)} \int_{-\infty}^{+\infty} e^{-y^2 t} e^{iy(2\beta t - a)} \frac{S(\beta + iy)}{\beta + iy} dy.$$

Or, la relation

$$(12) \qquad \sqrt{\frac{\pi x}{2}} e^{i\left(\frac{\pi}{4} - x\right)} H_0^{(1)}(x) = \frac{1}{\sqrt{\pi}} \int_0^{\infty} e^{-u} u^{-\frac{1}{2}} \left(1 + \frac{iu}{2x}\right)^{-\frac{1}{2}} du$$

---

[2] J. SALVINIEN, *J. Chim. Phys.*, 48, septembre-octobre 1951.

montre qu'en posant

$$\mathrm{K}(q) = \frac{1}{\sqrt{\pi}} \int_0^{\infty} e^{-u} u^{-\frac{1}{2}} \left[\left(1 + \frac{u}{2q}\right)^{-\frac{1}{2}} - 1 \right] du,$$

on peut écrire

$$(13) \qquad \mathrm{S}(q) = \frac{\mathrm{K}(rq) - \mathrm{K}(q)}{1 + \mathrm{K}(q)}.$$

Le numérateur du second membre de (13) est, en module, inférieur à $(r-1)/(8r|q|)$, tandis que le dénominateur vérifie l'inégalité

$$(14) \qquad |1 + \mathrm{K}(q)| > \frac{1}{\sqrt{\pi}} \int_0^{\infty} e^{-u} u^{-\frac{1}{2}} \left(1 + \frac{u}{2\beta}\right)^{-\frac{1}{2}} du = i\sqrt{\frac{\pi\beta}{2}}\, \mathrm{H}_0^{(1)}(i\beta) e^{\beta}.$$

On majore donc facilement $|\mathrm{S}(q)|$ et la relation (11) donnera alors une majoration de $|\mathrm{C}_2(r, t)|$. On pourra disposer de β en fonction de a et t de façon à rendre aussi petite que possible la majoration de l'erreur $|\mathrm{C}_2(r, t)|$.

Sans nous attacher à rechercher ce minimum, prenons simplement

$$(15) \qquad \beta = \frac{a}{2t}.$$

En supposant $t < 4a$, d'où $\beta > 1/8$, il vient

$$(16) \qquad |1 + \mathrm{K}(q)| > 1 - \frac{1}{8\beta}$$

et

$$(17) \qquad |\mathrm{C}_2(r, t)| < 2\sqrt{\frac{t}{\pi}} \frac{e^{-\frac{a^2}{4t}}}{(a+1)^{\frac{3}{2}}} \frac{t}{4a - t}.$$

L'erreur absolue $|\mathrm{C}_2(r, t)|$ tend rapidement vers zéro, quand a restant fixe, t tend vers zéro. L'erreur relative tend aussi vers zéro, puisque pour $t < a^2/4$, on a

$$(18) \qquad |\mathrm{C}_1(r, t)| > \sqrt{\frac{t}{\pi}} \frac{e^{-\frac{a^2}{4t}}}{a\sqrt{a+1}}.$$

La méthode de calcul utilisée ci-dessus a, pour le calcul symbolique, une portée qui dépasse évidemment le problème particulier que nous considérons ici.

CHALEUR. — *Application du théorème de Thévenin aux problèmes de transmission de chaleur.* Note (*) de M. **André Blanc**, présentée par M. Gustave Ribaud.

Dans tout problème de transmission de chaleur il y a lieu de distinguer des sources (de tension ou de courant possédant en général une résistance interne série ou shunt), des éléments légers (résistances thermiques sans

(*) Séance du 7 juillet 1952.

capacité calorifique appréciable), des éléments lourds (éléments à capacité calorifique notable).

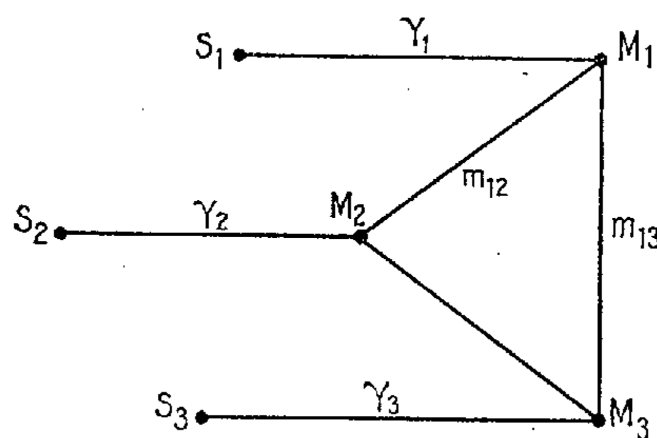
Lorsque des sources, en nombre quelconque, alimentent un seul élément lourd par l'intermédiaire d'un réseau de résistances figurant des échanges par convection et rayonnement entre la source, l'élément lourd considéré et les différents nœuds du réseau, le théorème de Thévenin permet de remplacer, en régime variable comme en régime permanent, l'ensemble des sources et du réseau, par une source unique alimentant le mur lourd. La résistance interne et la force électromotrice de cette source sont bien déterminées et indépendantes du courant débité dans l'élément lourd. On peut envisager à un instant donné, une infinité d'autres équivalences : seule celle fournie par le générateur de Thévenin possède les propriétés énoncées.

Le problème de la transmission de la chaleur à un mur lourd, par plusieurs sources, à travers le réseau de résistances constantes le plus général, est ainsi ramené à celui du chauffage convectif d'un mur. Dans l'épure de Binder Schmidt relative à ce problème, les coordonnées du pôle sont la résistance et la force électromotrice du générateur de Thévenin équivalent.

On retrouvera, par exemple, facilement de cette façon les équivalences données par MM. Nessi et Nisolle dans leurs ouvrages sur le régime variable (chauffage d'un mur par convection et radiation) et par M. Jacq [1].

Lorsque plusieurs sources S_1, S_2 alimentent, à travers un réseau quelconque de résistances constantes, plusieurs murs lourds M_1, M_2,... on peut d'abord, en utilisant le théorème de Kennely, amener le réseau à ne posséder aucun nœud intermédiaire; chaque source est alors reliée directement à tous les murs et à toutes les autres sources. En ce qui concerne les murs lourds dont les températures des faces d'entrée sont M_1, M_2, M_3,... lorsque les courants qui y pénètrent sont φ_1, φ_2, φ_3,... on peut donner, grâce aux notations matricielles, une extension du théorème de Thévenin et définir un générateur de Thévenin alimentant l'ensemble des murs.

Le réseau le plus général peut se ramener au type suivant :



où les S_i, M_i désignent des tensions, les γ_i, m_{ij} des conductances.

---

(1) *Comptes rendus*, 232, 1951, p. 1292.

Posant $J_i = \gamma_i S_i$, puis

$$\| J \| = \begin{Vmatrix} J_1 \\ J_2 \\ \cdot\cdot \end{Vmatrix}, \qquad \| \varphi \| = \begin{Vmatrix} \varphi_1 \\ \varphi_2 \\ \cdot\cdot \end{Vmatrix}, \qquad \| M \| = \begin{Vmatrix} M_1 \\ M_2 \\ \cdot\cdot \end{Vmatrix},$$

$$\| k \| = \begin{Vmatrix} k_1 & -m_{12} & \ldots & -m_{1n} \\ -m_{21} & k_2 & \ldots & -m_{2n} \\ \ldots\ldots & \ldots & \ldots & \ldots\ldots \\ -m_{n1} & -m_{n2} & \ldots & k_n \end{Vmatrix},$$

l'expression de $\| \varphi \|$ s'écrit

$$\| \varphi \| = \| J \| - \| k \| \, \| M \|.$$

Le générateur de Thévenin a pour *éléments constants* :

courant imposé .... $\| J \|$
conductance interne .... $\| k \|$

ou, si l'on préfère, la forme « générateur de tension » à la forme « générateur de courant » :

résistance interne .... $\| \rho \| = \| k \|^{-1}$
force électromotrice .... $\| T \| = \| k \|^{-1} \| J \|$

On a vu comment, dans le cas d'un seul mur lourd, la traduction graphique de la condition à la limite dans l'épure de Binder-Schmidt constituait une traduction du théorème de Thévenin. La traduction parallèle du générateur généralisé, alimentant simultanément plusieurs murs, exigerait la prise en considération d'espaces où nous ne savons pas effectuer de constructions graphiques.

Il faut cependant noter que la linéarité des équations exprimant les conditions aux limites rend évidente la possibilité de généralisations fidèles de l'épure de Binder-Schmidt classique relative au cas d'un seul mur (nous entendons par là, utilisant les mêmes approximations, sans en consentir de nouvelles); on peut utiliser, avec de nombreuses variantes possibles, des abaques à points alignés à supports parallèles : l'échauffement de n murs par un nombre quelconque de sources, à travers n'importe quel réseau de résistances constantes, se fera à l'aide de n épures conduites simultanément.

Une autre généralisation consiste à considérer un générateur de Thévenin instantané par mur : elle suggère même une méthode approchée de résolution du système d'équations linéaires traduisant l'ensemble des conditions aux limites; mais, dans les cas simples comme ceux de deux ou trois murs, la solution graphique rigoureuse du système n'est pas plus compliquée.

CHALEUR. — *Note sur les ondes explosives sphériques dans les mélanges gazeux.* Note (*) de MM. **Numa Manson** et **Frank Ferrié**, présentée par M. Gustave Ribaud.

Les ondes explosives sphériques ont été observées par P. Laffite ([1]) dans les mélanges $CS_2 + 3O_2$ et $2H_2 + O_2$ contenus dans des ballons en verre de 20-26 cm de diamètre. Cependant comme la mise à feu était obtenue au moyen de détonateurs assez puissants et l'enregistrement effectué sur un parcours relativement court, un certain doute pouvait subsister quant à la véritable nature de ces ondes. On pouvait en particulier penser qu'il s'agissait d'une pseudo-détonation entretenue par l'onde de choc produite par l'explosif d'amorçage [Jost ([2])]. D'un autre côté J. I. Taylor ([3]) et J. B. Zeldovitch ([4]) ont montré que la théorie hydrodynamique des ondes de choc et de combustion permettait d'envisager l'existence d'ondes explosives sphériques ayant la même célérité que les onde planes.

A. Afin d'éclaircir cette question, nous avons effectué des expériences en opérant sur les mélanges avec l'oxygène et l'air des gaz combustibles suivants : *a.* acétylène (technique); *b.* propane (à 98 %); *c.* un mélange de C_2H_4 (92 %); CH_4 (35 %), C_2H_6 (15 %), C_2H_2 (3-4 %) et de CO_2 (5-4 %); *d.* gaz de Saint-Marcet (à 93 % de CH_4). Ces mélanges étaient contenus dans des ballons en latex transparent de diamètres 38-42 cm (légèrement ovales) et 60 cm (sphériques). Pour la mise à feu les dispositifs suivants, placés au centre des ballons, ont été expérimentés : *a.* fil chaud constitué par une résistance Ni-Cr ; *b.* étincelle (12 joules environ) jaillissant entre deux électrodes distantes de 4-5 mm ; *c.* allumeur à amorce électrique du commerce ; *d.* détonateur constitué par une pâte à base de pentrite.

Les enregistrements, au grandissement 0,09-0,12, ont été effectués sur tambour tournant (6000-7500 t/m) de 20 cm de diamètre muni de papier sensible de 89 mm de largeur, le ballon étant placé derrière une fente verticale.

La figure 1 reproduit trois de nos enregistrements [*fig.* 1 *a* : mise à feu par étincelle du mélange C_2H_2 (50 %)/O_2 ; *fig.* 1 *b* : mise à feu par détonateur du mélange C_3H_8 (26 %)/O_2]. Nous avons pu enregistrer les ondes explosives sphériques dans les mélanges avec l'oxygène à condition d'utiliser un mode de mise à feu convenable. Ainsi, avec le fil chaud, en aucun cas de telles ondes

(*) Séance du 7 juillet 1952.

([1]) *Comptes rendus*, **177**, 1923, p. 178.

([2]) *Expl. u. Verbr. in Gasen*, J. Springer, 1938, p. 185-186.

([3]) *Min. of Home Sec. G. B.*, 1941; *Proc. Roy. Soc.* A, **200**, 1950, p. 235.

([4]) *J. Phys. Exp. et Théor. U. R. S. S.*, **112**, 1942, p. 389.

n'ont pu être observées, la flamme se propageant par déflagration (*fig.* 1 *c*). Avec l'étincelle et l'allumeur à amorce électrique, l'onde explosive a été observée dans les mélanges C_2H_2/O_2 (de 14 à 60 % et de 25 à 50 % de C_2H_2 respectivement) seulement. Pour tous les autres mélanges avec l'oxygène, il a

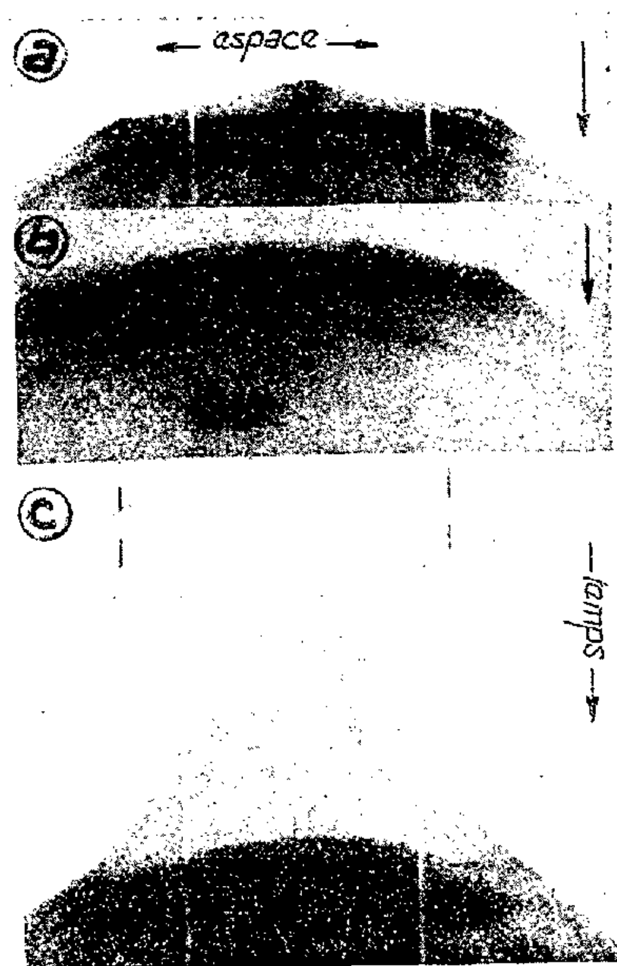


Fig. 1.

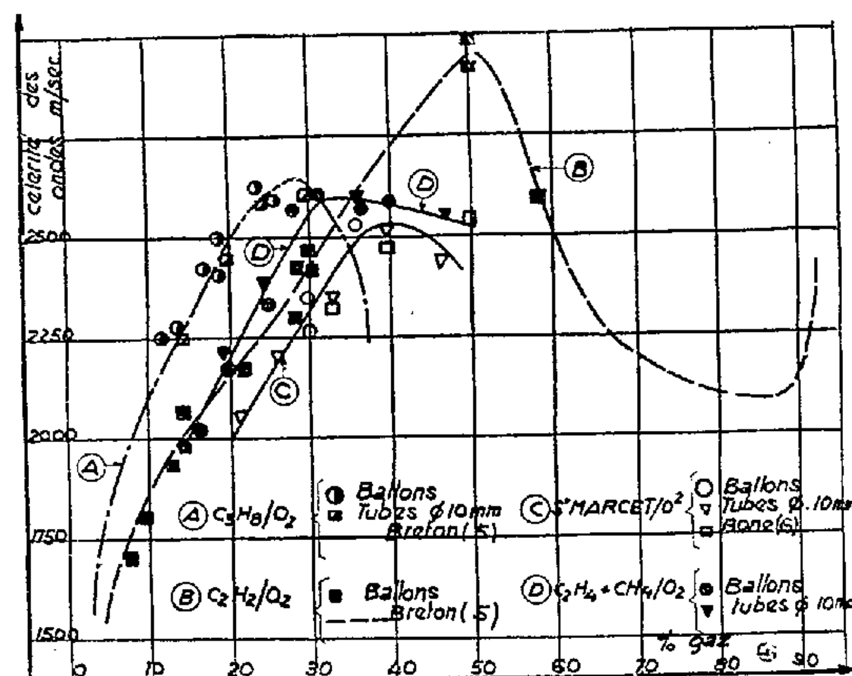


Fig. 2.

fallu utiliser le détonateur à 1,5 g de pentrite. Les limites de détonation étaient nettement plus étroites que pour les ondes se propageant dans les tubes. En outre, en aucun cas nous n'avons pu observer d'onde explosive sphérique dans les mélanges avec l'air et cela même en utilisant des détonateurs à 3,5-4 g de pentrite.

Les célérités (1800 à 2900 m/s) des ondes sphériques mesurées par nous concordent, aux erreurs de mesure près ($< \pm 5$ %); avec celles observées dans les tubes par différents expérimentateurs et nous-mêmes (*fig.* 2), ce qui constitue une confirmation de la théorie de Taylor [3] et de Zeldovitch [4].

Signalons enfin, que sur certains enregistrements, on distingue une période de prédétonation analogue à celle observée dans les tubes mais, par contre, aucune onde rétrograde n'est visible.

---

(5) J. Breton, *Ann. des Comb. Liq.*, **11**, 1936, p. 487.

(6) W. A. Bone et D. T. A. Townend, *Flame and Comb. in gases*, Longmans, 1927.

THERMODYNAMIQUE. — *Sur une nouvelle méthode de mesure du rapport des chaleurs spécifiques des gaz.* Note (*) de Mme **Madeleine Aubert-Huetz**, présentée par M. Jean Cabannes.

On utilise l'auto-entretien d'un oscillateur constitué par un liquide placé dans un tube en U dont les branches verticales sont terminées par des ballons contenant le gaz d'étude; avantages de la méthode et résultats.

Dans des Notes précédentes ([1]) et ([2]), nous avons signalé l'intérêt des méthodes dérivées de celle d'Assmann pour la mesure du rapport γ, si l'on mesure avec précision la période du mouvement. L'asservissement à des oscillations forcées ([2]), laborieux à mettre en œuvre, donne de bons résultats, si l'on utilise un liquide dont la viscosité est suffisamment faible; le mercure remplit cette condition, mais sa tension de vapeur le rend pratiquement inemployable pour une température supérieure à 150° C. Or il est particulièrement intéressant de connaître le paramètre γ au voisinage des conditions d'emploi réel des vapeurs d'hydrocarbures dans les moteurs et réacteurs; il faut donc que le liquide oscillateur puisse supporter les mêmes conditions de température et de pression. Cette considération primordiale amène à tolérer des frottements visqueux dont il faut tenir compte dans l'équation du mouvement. Mais la théorie de la méthode indiquée par Parodi ([3]), compte tenu des frottements, conduit à des équations difficiles à résoudre. Par ailleurs, la précision de la relation, établie par voie expérimentale entre la période imposée et l'amplitude des oscillations A est favorisée par des valeurs élevées de cette dernière, cependant que les conditions d'adiabaticité des compressions et détentes successives en exigent des valeurs aussi faibles que possible.

Pour éliminer ces deux inconvénients, nous avons réalisé et utilisé l'auto-entretien d'un oscillateur d'Assmann. Les surfaces de séparation de la colonne liquide interrompent alternativement deux faisceaux lumineux issus d'une source unique dont une optique convenable donne deux images ponctuelles au droit des sections d'équilibre. Deux cellules photo-électriques reçoivent ces faisceaux alternativement occultés par la colonne liquide; une cellule est donc éclairée, l'autre obscurcie; lors du passage à l'équilibre, leur rôle s'échange en un temps qui ne dépend que de la vitesse du mouvement et de la dimension de l'image du filament. Chacune des cellules est insérée sur la grille d'une double triode dont le circuit plaque est fermé sur l'enroulement d'un relais qui reçoit alors un signal carré.

(*) Séance du 7 juillet 1952.

([1]) *Comptes rendus*, 227, 1948, p. 81.

([2]) *Comptes rendus*, 233, 1952, p. 25.

([3]) *Comptes rendus*, 218, 1944, p. 311.

D'autre part des amenées de courant sont placées en deux points diamétralement opposés d'une section S de la branche horizontale; on crée un champ magnétique permanent suivant le diamètre de S perpendiculaire aux amenées de courant; en série sur celles-ci et sur une source, un relais mécanique ou un thyratron, asservi au relais primaire du circuit de commande, délivre une impulsion de courant dans le liquide supposé conducteur, au moment du passage de ce dernier au niveau d'équilibre. La colonne reçoit donc, toutes les périodes, des quantités de mouvement qui entretiennent les oscillations. Un dispositif stroboscopique élémentaire, synchronisé sur un des relais et déclenché à volonté, illumine un compteur d'impulsions et un chronomètre au cinquantième de seconde que l'on photographie simultanément.

Cette méthode se prête bien à l'emploi d'amplitudes faibles, de l'ordre du demi-millimètre. On peut alors, en conservant les mêmes conditions d'adiabaticité, diminuer le volume des ballons, ce qui augmente l'importance des termes de rappel dus à la compression du gaz et, par conséquent, l'écart entre T et T_0; la précision sur γ s'en trouve ainsi améliorée. Nous avons utilisé des ballons de 7 cm de diamètre, des périodes voisines de 0,6 seconde et obtenu des résultats corrects pour le γ de l'hydrogène, que son pouvoir conducteur élevé rend plus sensible au manque d'adiabaticité. Nous avons trouvé $\gamma = 1,39$ avec une erreur absolue inférieure à 0,01, ce qui est bien la valeur communément admise.

Le mouvement libre amorti d'un liquide visqueux dans un tube en U a été étudié théoriquement entre autres par Valensi-Vögel ([4]), Zerner ([5]) et de Karmann ([6]). L'étude de ces deux derniers auteurs, limitée au cas de petites oscillations, a été vérifiée expérimentalement ([7]). Or, pour les oscillations considérées, le réglage de la partie électronique permet d'obtenir la coïncidence des impulsions et du passage à l'équilibre; dans ces conditions, la fréquence N_1 du mouvement auto-entretenu est égale à celle du mouvement libre amorti N_a. D'autre part, le principe de l'auto-entretien est compatible avec de faibles valeurs de l'amplitude A. On peut même, en faisant varier l'intensité du courant impulsionnel, étudier l'influence de A sur la fréquence et déterminer la pulsation Ω_1 si A tend vers O. La pulsation du mouvement non amorti $\omega = 2\pi/T$ qui figure dans la relation donnant γ est alors, en supposant, sinusoïdale et amortie l'oscillation libre infiniment petite :

$$\omega^2 = \Omega_l^2 \left[1 + \left(\frac{\lambda}{\Omega_l} \right)^2 \right].$$

Pour un tube cylindrique, une viscosité cinématique ν et un écoulement à

([4]) *Publ. Scient. et Tech. Minist. Air*, Paris, n° **212**, 1948.

([5]) *Comptes rendus*, **231**, 1950, p. 110.

([6]) DE KARMANN et VALENSI, *Comptes rendus*, **227**, 1948, p. 105.

([7]) Mlle CLARION, *Comptes rendus*, **230**, 1950, p. 1926.

couche limite laminaire :

$$\frac{\lambda}{\Omega_l} = \frac{1}{\sqrt{2}}\left(\frac{R^2\Omega_l}{\nu}\right)^{-\frac{1}{2}}.$$

D'où une valeur de l'ordre de 5.10^{-5} pour $(\lambda/\Omega_l)^2$ avec les appareils utilisant le mercure.

La précision est accrue par cette méthode d'auto-entretien qui tient compte de l'amortissement dû à l'écoulement du fluide et améliore l'adiabaticité des oscillations. Les mesures sont plus rapides et adaptables aux températures élevées.

ÉLECTRICITÉ. — *Contribution à l'étude de la conductibilité du silicium.* Note de MM. **Marcel Perrot** et **Jean Tortosa**, présentée par M. Jean Cabannes.

Introduction. — Les propriétés électriques du silicium varient beaucoup avec la nature et la concentration des impuretés qu'il contient. On estime actuellement que le silicium pur à l'état massif doit avoir une résistivité d'environ $10^6\ \Omega.\text{cm}$ (1).

L'étude de la conductibilité du silicium en lames minces n'a fait l'objet, à notre connaissance, que d'un petit nombre de travaux. Certains auteurs (2) ont attribué aux dépôts de quelques microns d'épaisseurs une résistivité de $0,25.10^6\ \Omega\text{cm}$.

Nous avons étudié la conductibilité de lames minces de silicium préparées par évaporation thermique d'un échantillon à 98,75 % de silicium sous une pression résiduelle d'azote (10^{-6} mm de Hg).

Technique expérimentale. — Les lames sont déposées sur verre selon une technique déjà décrite (3), entre deux électrodes d'argent de longueur L, distantes de l ($100\,\mu < l < 300\,\mu$).

Le sillon L l peut être observé constamment, sous le vide, à l'aide d'un système microscopique de grossissement 100. L'épaisseur e des lames a été estimée en lumière monochromatique ($\lambda = 0,589\,\mu$) à partir des facteurs de réflexion et des constantes optiques : $\nu = 4,2$ et $\chi = 0,5$.

Résultats. — On a étudié une dizaine de lames ($0 < e \leq 300\,\text{m}\mu$). Les intensités et les résistances (I_S et R_S) ont été rapportées à un sillon de dimensions $L = l = 1$ cm. On a obtenu les résultats suivants :

1° Les lames les plus minces présentent les belles colorations signalées par P. Cotton (4); les plus épaisses sont rouge-brun par transparence et ont un

(1) Pearson et Barden, *Phys. Rev. U. S. A.*, 75, 1949, p. 865.

(2) Teal, Fischer et Treptow, *J. Appl. Phys.*, 17, 1946, p. 879.

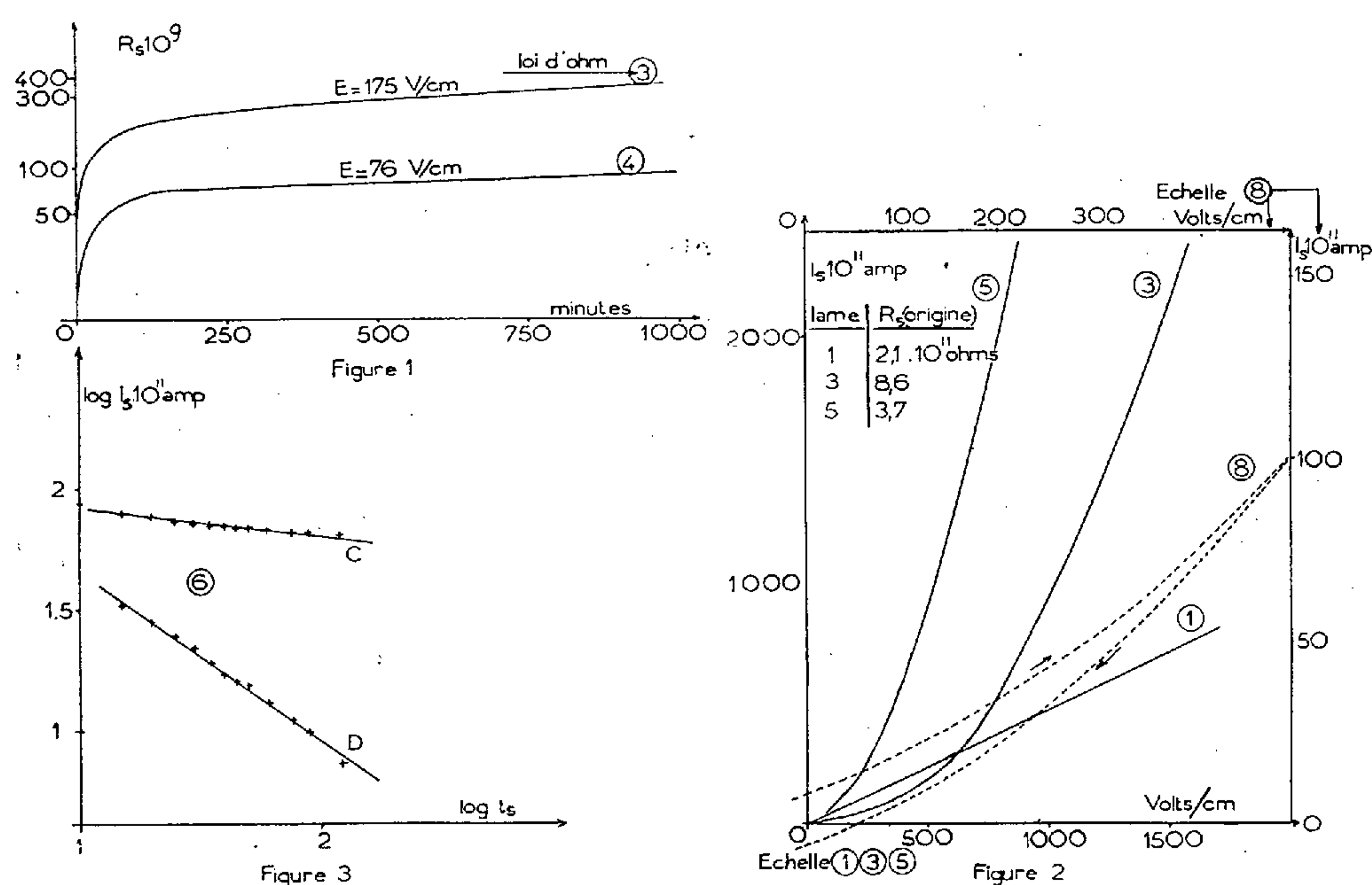
(3) A. Blanc-Lapierre et M. Perrot, *J. Phys. Rad.*, 11, 1950, p. 563.

(4) *J. Phys. Rad.*, 11, 1950, p. 375.

éclat métallique peu prononcé. Des lames complètement opaques ($e \gg 300$ mμ) d'aspect nettement métallique, ont été déposées.

2° On a constaté, pour toutes les lames après leur préparation, le phénomène d' « évolution spontanée » de la résistance en fonction du temps, sous un champ électrique E. La figure 1 se rapporte à l'évolution de deux lames d'épaisseur différentes ($e_4 > e_3$).

3° Les caractéristiques courant-tension présentent, à la température ordinaire, pour les lames les plus minces, des écarts importants à la loi d'Ohm (*fig.* 2). Lorsque E croît de 0 à 1500 V/cm, R_S varie environ de 1 à 15 pour



la lame n° 3 ($e \simeq 70$ mμ), ainsi que pour la lame n° 5 ($e \simeq 160$ mμ); la résistance de la lame n° 1 ($e \simeq 300$ mμ) est presque constante. Les mesures ont été faites au bout d'un temps suffisant pour que la variation de résistance par « évolution spontanée » soit négligeable.

4° Pour chaque valeur de E l'intensité qui traverse une lame décroît en fonction du temps (courant de charge). Elle tend vers une valeur limite, atteinte pratiquement au bout de quelques minutes (*fig.* 3, courbe C). En court-circuitant la lame on voit alors apparaître un courant de sens inverse (courant de décharge) qui tend lentement vers zéro (*fig.* 3, courbe D). Ces variations d'intensité en fonction du temps t sont de forme : $I_S = at^{-n}$; elles obéissent au principe de « superposition » des charges de condensateur et rendent les pointés longs et délicats. Il faut, en particulier, attendre pour chaque pointé des caractéristiques courant-tension l'établissement de l'inten-

sité limite, sinon les courbes obtenues manifestent de l'hystérésis (*fig.* 3, lame 8).

Ce phénomène est à rapprocher de celui que l'on observe pour certains conducteurs solides ou liquides (5), (6). Le fait que les électrodes d'argent ne sont pas modifiées sur leur bord semble indiquer que la conductibilité « anormale » n'est pas électrolytique. La lame mince de silicium est comparable à un condensateur à fuite. Les résultats peuvent s'interpréter par des capacités de contact entre le semi-conducteur et les électrodes (5), (7) ou entre les cristallites de la lame. La grande constante de temps du courant de décharge conduirait dans ce cas à attribuer une forte valeur à cette capacité.

5° Sous les très faibles champs, la résistivité des lames minces de silicium évoluées, d'épaisseur comprise entre 70 et 300 mμ, a une valeur moyenne de $5.10^6\ \Omega$.cm. Les lames d'épaisseur plus faible ont une résistivité beaucoup plus grande.

6° Le coefficient de température $\Delta R_S/\Delta T$ est négatif pour toutes les lames étudiées.

SEMI-CONDUCTIBILITÉ. — *Sur les propriétés semi-conductrices du Tellure.* Note (*) de MM. **Pierre Aigrain, Claude Dugas, Jacques Legrand des Cloizeaux** et **Bernard Jancovici**, présentée par M. Jean Cabannes.

Nous avons étudié les propriétés et la structure de semi-conducteur de monocristaux de tellure par des mesures de conductivité électrique et d'effet Hall à diverses températures entre celle de l'azote liquide et 50° C.

Les monocristaux, de quelques millimètres de dimensions, ont été fabriqués à partir de tellure microcristallin fondu (point de fusion 452° C), sous vide, au four électrique, dans une ampoule de verre pyrex qu'on sort lentement (en 10 h) du four, par un mouvement d'horlogerie.

La structure est celle d'un semi-conducteur intrinsèque et d'impuretés de type *p*. Nous avons retrouvé une énergie d'activation intrinsèque de 0,34 eV, résultat déjà connu. Nous avons trouvé une énergie d'activation d'impuretés de 0,039 eV environ; ce dernier résultat s'accorde bien avec des travaux récents (1), portant d'ailleurs sur des films de tellure évaporé et non des monocristaux.

Nos spécimens avaient des concentrations d'impuretés de l'ordre de

---

(5) Dechêne, *J. Phys. Rad.*, 10, 1939, p. 124-195.

(6) Eck, *Ann. Phys.*, 4, 1949, p. 12.

(7) Bedel, *Comptes rendus*, 192, 1931, p. 802.

(*) Séance du 23 juin 1952.

(1) Takemaro Sakurai and Seiji Munesue, *Phys. Rev.*, 85, 1952, p. 921.

10^{15} centres/cm³. Dans ces conditions, en-dessous de -60° C, il n'y a pas de conductivité intrinsèque : la bande de conduction est vide et les propriétés électriques sont dues uniquement aux trous positifs dans la bande pleine; tous les P centres d'impuretés p sont ionisés, aussi

$$p - n = P.$$

Les électrons libres ont une contribution à l'effet Hall de signe contraire de celle des trous; et l'effet Hall s'inverse, devenant n, vers 0° C pour nos spécimens; ceci implique pour les électrons une mobilité supérieure à celle des trous, puisque p est toujours supérieur à n. V. A. Johnson ([2]) indique une valeur de 530 cm²/volt/s pour les mobilités des électrons et des trous. Il ne s'agit évidemment là que d'un résultat approximatif. Nos mesures donnent, à la température ambiante, pour la mobilité des électrons, 910 cm²/volt/s, pour celle des trous, 570 cm²/volt/s. La mobilité varie avec la température; pour rendre complètement compte de cette variation, il faut introduire, en plus de la diffusion par les ondes thermiques du réseau, une diffusion par des imperfections du dit réseau, ces imperfections devant être en nombre bien supérieur (10^{17}) à celui des centres d'impuretés accepteurs (10^{15}). Ces 10^{17} défauts contribuent à la diffusion, mais ne peuvent pas capter d'électrons.

ÉLECTROTECHNIQUE. — *La détermination de l'inductance des fuites totales des machines à courant alternatif et la méthode de résonance.* Note (*) de MM. **Max Teissié-Solier** et **Jean Lagasse**, transmise par M. Charles Camichel.

Les Auteurs analysent les caractéristiques essentielles de la méthode de résonance, qu'ils ont proposée dès 1949 et qui présente la propriété générale de permettre à partir d'un essai facilement réalisable, la détermination pour les principales machines à courant alternatif, de l'inductance des fuites totales.

Dès 1949, nous avons proposé et utilisé la méthode de résonance pour l'étude des transformateurs ([1]). Dans une Note précédente, l'un de nous a indiqué les résultats qui pouvaient être déduits de son application au cas d'une machine synchrone à rotor cylindrique ([2]).

Nous nous proposons dans la présente rédaction de dégager diverses remarques concernant cette méthode.

1° On peut tout d'abord préciser que le fait d'obtenir la condition de

---

([2]) *Phys. Rev.*, 74, 1948, p. 1255.

(*) Séance du 7 juillet 1952.

([1]) M. Teissie-Solier et J. Lagasse, *Électricité*, 151, 1949, p. 103 et 152, 1949, p. 125; J. Lagasse, *Comptes rendus*, 232, 1951, p. 48.

([2]) J. Lagasse, *Comptes rendus*, 232, 1951, p. 2194.

résonance, pour un harmonique d'ordre n, conduit tout naturellement à réaliser, pour cet harmonique un fonctionnement en court-circuit. Il en résulte que l'inductance déterminée à partir d'un tel essai n'est autre que l'inductance des fuites totales rapportée à l'enroulement qui alimente la capacité provoquant la résonance de l'harmonique.

De plus, étant donné que la grandeur correspondante est mesurée par comparaison avec une capacité, elle représente bien une inductance. Dès lors, tout en conduisant à sa détermination, la méthode proposée apporte une nouvelle confirmation de l'existence de l'inductance des fuites totales d'une machine, dont la notion avait été proposée par Boucherot.

2° Dans le cas d'une machine synchrone, la caractéristique des harmoniques de se présenter suivant leur rang, soit comme un harmonique direct, soit comme un harmonique inverse, permet, en réalisant la condition de résonance pour un ou plusieurs de ces derniers, de déterminer la réactance inverse, dont la valeur est voisine de la réactance de fuites $\lambda\omega$ de l'induit.

On peut donc obtenir la réactance inverse à partir d'un essai particulièrement simple : recherche de la résonance d'un harmonique de rang approprié, essai qui n'apporte pas de perturbation sensible au fonctionnement de la machine et permet d'assurer la mesure pour une tension aux bornes de l'induit égale à la valeur nominale.

Par contre, en appliquant la méthode de résonance à partir d'un harmonique direct, on parvient :

a. pour les alternateurs à rotor cylindrique, possédant un faible degré d'amortissement, à mesurer directement la réactance transitoire;

b. pour les alternateurs à pôles saillants, munis d'un amortisseur, ou dans lesquels les pièces polaires jouent un rôle analogue, à déterminer une réactance de caractère cyclique, qui représente la moyenne entre les réactances subtransitoires longitudinale et transversale. Cette propriété trouve sa justification dans le fait que l'axe de la force magnétomotrice tournante, engendrée par l'harmonique en résonance, passe alternativement par l'axe des pôles inducteurs, puis par l'axe interpolaire.

3° Pour des transformateurs ou des machines asynchrones, l'enroulement primaire étant alimenté sous la tension nominale et les capacités étant branchées aux bornes de l'enroulement secondaire, on obtient, en réalisant pour un harmonique quelconque, la résonance du courant primaire, l'inductance des fuites totales rapportée au secondaire.

Toutes les applications de la méthode proposée effectuées sur des machines de types divers d'une puissance atteignant jusqu'à 75 kVA, ont conduit à des valeurs en parfait accord avec celles obtenues à partir d'autres méthodes telles que :

Méthode de Kapp dans le cas des transformateurs;

Méthode de Fallou pour la détermination de la réactance inverse des machines synchrones;

Mise en court-circuit brusque avec enregistrement oscillographique pour des machines synchrones (réactances subtransitoire et transitoire) ou pour des machines asynchrones.

On peut noter, que, pour ces dernières, la méthode de résonance permet de constater une variation, avec l'état de saturation de la machine, de la réactance déterminée. Cette particularité peut trouver son explication dans le fait que les flux de fuites se ferment partiellement par les masses métalliques du circuit magnétique de cette machine.

OPTIQUE. — *Influence de l'apodisation sur la structure des images d'objets étendus.* Note de M. **Alberto Saez**, présentée par M. Jean Cabannes.

En 1939, André Couder et Pierre Jacquinot ont cherché à modifier la structure de la figure de diffraction pour observer des raies spectrales faibles situées au voisinage de raies intenses. Ils utilisèrent pour cela une pupille carrée dont une diagonale était perpendiculaire à l'axe de dispersion. En 1944, André Couder réalise un filtre d'amplitude dont le facteur de transmission $F(\rho)$ à la distance ρ du centre a pour valeur $F(\rho) = 10^{-K\rho^2}$.

C'est en 1946 que Jacquinot, P. Boughon et Mlle Dossier proposent le nom « d'apodisation » pour exprimer l'atténuation des « pieds » ou franges de diffraction. Ils publient à cette époque un travail dans lequel ils utilisent des écrans dits en « chapeau de gendarme ». En 1947, Lansraux publie le calcul de figures de diffraction avec apodisation suivant une loi de transmission du type $e^{-K\rho^2}$ et pour différentes valeurs de K. En 1952, Mlle Dossier publie un travail sur des familles d'écrans apodisants de transparence maximum. En 1952 également W. M. Sinton applique l'apodisation à l'observation astronomique (compagnon de Sirius). L'ensemble de ces travaux concerne l'étude de l'apodisation de la figure de diffraction du point lumineux. Nous avons étudié la répercussion de l'apodisation sur la structure des images d'objets étendus. En général, l'apodisation est accompagnée d'un élargissement de la tache centrale de diffraction. Par conséquent, si l'on peut espérer un gain sur la vision des faibles contrastes par suite de la réduction des anneaux de diffraction, ce gain doit être limité par l'élargissement de la tache centrale qui produit l'effet inverse. Il doit donc y avoir un compromis qui dépendra évidemment du type d'apodisation utilisé. Nous sommes partis des figures de diffraction calculées par Lansraux. Par intégration, nous avons obtenu la structure d'une ligne fine. lumineuse pour différentes valeurs du paramètre K de Lansraux. Une nouvelle intégration nous a permis de calculer la répartition des intensités dans l'image d'une mire de Foucault de contraste donné. Nous avons admis que le pouvoir séparateur était atteint lorsque le contraste de l'image de la mire est égal à

0,02. Pour une mire de contraste objet γ_0 déterminé, on calcule en fonction de son pas le contraste de l'image. On fait varier le pas de la mire jusqu'au moment où le contraste de l'image est égal à 0,02. Le pas obtenu donne le pouvoir séparateur. Le tableau suivant montre les résultats :

	γ_0.				
	1.	0,3.	0,1.	0,06.	0,03.
K = 0.......	$\frac{1,04\,\lambda}{D}$	$\frac{1,16\,\lambda}{D}$	$\frac{1,41\,\lambda}{D}$	$\frac{1,70\,\lambda}{D}$	$\frac{2,86\,\lambda}{D}$
K = 1.......	$\frac{1,06\,\lambda}{D}$	$\frac{1,21\,\lambda}{D}$	$\frac{1,46\,\lambda}{D}$	$\frac{1,70\,\lambda}{D}$	$\frac{2,46\,\lambda}{D}$
K = 2.......	$\frac{1,16\,\lambda}{D}$	$\frac{1,35\,\lambda}{D}$	$\frac{1,64\,\lambda}{D}$	$\frac{1,91\,\lambda}{D}$	$\frac{2,80\,\lambda}{D}$
K = 4.......	$\frac{1,36\,\lambda}{D}$	$\frac{1,69\,\lambda}{D}$	$\frac{2,08\,\lambda}{D}$	$\frac{2,45\,\lambda}{D}$	$\frac{3,62\,\lambda}{D}$

λ représente la longueur d'onde de la lumière et D, le diamètre de l'objectif. Les valeurs précédentes donnent le pouvoir séparateur angulaire. K = 0 correspond au cas de l'instrument parfait non apodisé. Ces résultats montrent que sur les forts constrastes, l'apodisation diminue un peu le pouvoir séparateur. Par contre, sur les faibles contrastes inférieurs à 0,06, il y a un gain. On voit que c'est l'apodisation correspondant à K = 1 qui semble donner les meilleurs résultats. De toutes façons, le gain par ce type d'apodisation reste faible, de l'ordre de 14 % environ sur un contraste égal à 0,03. Nous avons étendu les calculs à la structure des images de bandes lumineuses de largeurs et de contrastes variés. Les résultats sont analogues.

SPECTROPHOTOMÉTRIE. — *Absorption de l'ozone dans le spectre visible.* Note (*) de M. **Ernest Vigroux**, présentée par M. Jean Cabannes.

On a raccordé les coefficients décimaux d'absorption à 18°, dans ce domaine spectral, à ceux de la région des bandes de Huggins, obtenus en déterminant les épaisseurs réduites par des dosages chimiques ([1]). Les indications essentielles de ces expériences ont déjà été données ([2]).

Pour les longueurs d'onde inférieures à 4500 Å, l'emploi d'un dispositif à réflexions multiples, formé par des miroirs concaves de 1 m de rayon, a permis de réaliser des épaisseurs réduites d'ozone comprises entre 5,50 et 11 m et de prolonger les mesures des coefficients d'absorption jusqu'à 4069 Å; on s'est

(*) Séance du 30 juin 1952.

([1]) *Comptes rendus*, **234**, 1952, p. 2592.

([2]) *Comptes rendus*, **227**, 1948, p. 272.

servi d'un spectrographe ouvert à F/9 (dispersion 17,5 mm entre 4358 et 4078 Å) et d'une lampe à ruban de tungstène.

Les astérisques, ajoutés après certaines longueurs d'onde du tableau suivant, précisent les maxima et les minima d'absorption.

Tableau des résultats.

λ	10^3.K.	λ	10^3.K.	λ	10^3.K.	λ	10^3.K.
4069	0,23	4472*	1,59	5512	37,8	6335	38,0
4084	0,32	4516*	2,33	5538	38,4	6349	36,7
4094	0,345	4551*	2,26	5564	40,6	6376	35,5
4108*	0,36	4585	3,61	5590	43,3	6418	33,1
4122	0,345	4620*	4,98	5617	48,3	6458	30,9
4134	0,33	4667*	3,94	5643	50,0	6486	28,9
4145*	0,325	4710*	5,16	5670	51,8	6500	28,6
4161	0,405	4731*	4,87	5698	53,9	6544	26,9
4171	0,44	4770	6,65	5735	55,2	6634	23,1
4184*	0,462	4831*	10,4	5754*	55,9	6681	21,5
4197	0,457	4874*	9,23	5783	55,0	6727	18,7
4205*	0,43	4888	9,6	5812	52,4	6777	16,8
4221	0,55	4928	10,0	5842	51,1	6828	15,0
4237	0,70	4969	10,9	5872*	50,5	6876	13,8
4260*	0,83	5012	15,9	5903	51,5	6925	12,6
4270	0,82	5060*	20,1	5934	52,3	6981	11,1
4285	0,77	5106	18,3	5968	55,6	7036	10,0
4299*	0,73	5118*	18,0	6019*	59,4	7089	9,25
4314	0,85	5148	18,6	6036	58,2	7122	9,0
4330	0,98	5196	20,4	6075	56,1	7168	8,65
4348*	1,10	5245	24,1	6108	52,7	7207	7,6
4362*	0,95	5296	30,0	6143	49,5	7264	6,65
4371	1,02	5340*	32,5	6180	47,5	7328	5,85
4393	1,34	5365*	31,9	6191	45,0	7392	4,65
4410	1,63	5405	34,4	6220	44,2		
4431*	1,85	5461	36,2	6256	42,2		
4444	1,81	5487	36,8	6293	40,0		

OPTIQUE CRISTALLINE. — *Fluorescence du naphtalène cristallisé à 20° C.* Note (*) de M. Paul Pesteil, présentée par M. Jean Cabannes.

L'attribution de la première transition électronique $N \rightarrow V_1$ du naphtalène peut se faire par la méthode de la mésomérie et par la méthode des orbitales moléculaires. Si l'on convient de rapporter la molécule à trois axes N, M, L (respectivement parallèles à la normale au plan de la molécule, à sa largeur et à sa longueur), les deux théories conduisent à des prévisions différentes quant aux polarisations des premières bandes d'absorption.

(*) Séance du 7 juillet 1952.

Selon la théorie de la mésomérie (¹), on doit s'attendre aux transitions suivantes classées par ordre d'énergies croissantes : ^1A_1g (interdite), ^1B_3u, ^1B_1g (interdite), ^1B_2u. La méthode des orbitales moléculaires (²) prévoit le classement suivant : ^1B_2u, ^1B_1u, ^1B_3g (interdite), ^1B_2u, ^1A_1g (interdite). Il est donc très important de connaître la polarisation de la première bande d'absorption ou celle des bandes de fluorescence qui s'en déduisent par symétrie autour de la bande de O — O.

Déjà Bénel, en 1940 (³) et Brodersen en 1951 (⁴), ont conclu à une transition parallèle au petit axe M; mais Bénel ne dispersait pas les radiations émises et Brodersen avait utilisé un spectrographe trop peu dispersif qui rendait impossible le dépouillement de la structure vibrationnelle.

J'ai utilisé un spectrographe Hilger pour l'ultraviolet dont la dispersion était de 22 Å environ au millimètre dans la région étudiée et excité la fluorescence au moyen de la raie isolée 2537 Å d'une lampe à résonnance. Comme Brodersen, j'ai pris la précaution d'exciter la fluorescence par des rayons tangentiels afin d'éviter une réabsorption trop importante.

Le cristal de naphtalène a été purifié et cristallisé par M. Pichat. J'ai taillé l'échantillon suivant un procédé décrit par ailleurs (⁵) et j'ai trouvé que l'axe cristallographique c' fait avec l'axe de l'ellipsoïde g un angle de 25° (Bénel donnait 20° environ). Ce résultat et les mesures aux rayons X de Robertson (⁶) permettent de construire le tableau suivant des carrés des cosinus directeurs.

	L.	M.	N.
p	0,000	0,195	0,805
m	0,048	0,767	0,183
g	0,951	0,040	0,007

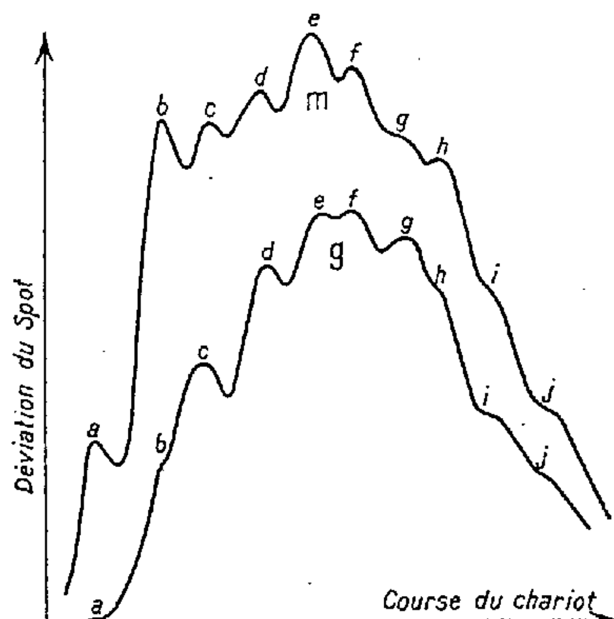
Les polarisations obtenues sont indiquées ci-dessous

Bandes	*a.*	*b.*	*c.*	*d.*	*e.*	*f.*	*g.*	*h.*	*i.*	*j.*
λ(Å)	3186	3240	3285	3338	3390	3440	3505	3542	3605	3690
$\frac{Im}{Ip}$	6,0	4,7	4,1	3,7	4,0	3,7	3,5	3,7	3,9	4,0
$\frac{Im}{Ig}$	>10	6,0	3,4	3,1	3,2	2,2	1,7	2,0	1,8	1,8
$\frac{Ig}{Ip}$	$\frac{1}{2}$	$\frac{1}{1,2}$	1,2	1,2	1,3	1,7	1,8	1,7	1,8	1,8

A la température ordinaire, les maxima sont très étalés à cause de l'agitation

(¹) Craig, *Proc. XIth Int. Congr. Chem.* (Lond), juillet 1947.
(²) Coulson, *Proc. Physic. Soc.*, **60**, 1948, p. 257.
(³) *Thèse*, Bordeaux, 1940.
(⁴) *Comptes rendus*, **233**, 1951, p. 1094.
(⁵) Pesteil, *Comptes rendus*, **233**, 1951, p. 377.
(⁶) *Proc. Roy. Soc.*, A, **142**, 1933, p. 674.

thermique, et il est difficile de calculer les fréquences correspondantes à mieux que 50 cm^{-1}. En appelant Ip, Im, Ig les intensités des vibrations respectivement parallèles aux directions p, m, g de l'ellipsoïde des indices, on voit que Im est bien supérieur à Ip et Ig; mais, contrairement à ce que laisse prévoir le tableau ci-dessus, Ig est supérieur à Ip pour toutes les bandes sauf a et b. Ce



résultat est d'ailleurs déjà visible sur les spectres publiés par Brodersen, où l'on voit nettement une inversion du rapport I_2/I_3. D'autre part, la reproduction ci-dessus du tracé moyen d'un microphotogramme montre clairement que les bandes a, b, e et h sont très faibles dans g, et que, si l'agitation thermique n'exagérait pas la largeur des bandes voisines, on aurait pour ces bandes : Im > Ip > Ig. Pour toutes les autres, on a Im > Ig > Ip.

Les bandes a, b, e et h correspondent à des transitions parallèles à M. Pour les autres, il semble bien qu'il y ait contribution d'une transition électronique ou vibrationnelle parallèle à la longueur de la molécule (de symétrie B_{1u}) qui prédomine grâce à la valeur élevée de $\cos^2(L, g)$.

Obreimov et Shabaldas ([7]), qui ont étudié le spectre de fluorescence du naphtalène à 20°K, situent la bande O—O à 3218 Å, alors que nous la trouvons plutôt à 3186 Å. La différence de 325 cm^{-1} environ semble être un résultat général, car il nous a été donné de constater un déplacement analogue de 1 cm^{-1} environ par degré vers le visible, par abaissement de la température, pour le spectre d'absorption de l'anthracène en solution dans le stilbéne cristallisé.

PHYSIQUE MOLÉCULAIRE. — *Étude de l'influence de divers solvants sur la vibration fondamentale de valence du groupement carbonyle de cétones.* Note de MM. **Élie Gray** et **Antonio Hidalgo**, présentée par M. Jean Cabannes.

La vibration fondamentale de valence du groupement carbonyle dans des cétones se traduit, comme on le sait, dans la région de 1700 cm^{-1} par

([7]) *J. Phys. U. S. S. R.*, 7, 1943, p. 168.

une raie Raman et une bande infrarouge qui, d'ailleurs, correspondent à des fréquences légèrement différentes ([1]). Ce résultat expérimental a été interprété précédemment au moyen d'une association des cétones par paires, résultant du couplage de deux groupements carbonyle en position antiparallèle ([2]).

L'effet de la dissolution de cétones dans des solvants neutres, tels que le tétrachlorure de carbone ou le cyclohexane, peut s'étudier, soit par diffusion (effet Raman), soit par absorption; mais il est plus aisé de suivre l'évolution du phénomène par absorption, la raie Raman correspondante se présentant généralement comme large et ne devenant plus observable pour des solutions diluées. Avec l'acétophénone, nous avons obtenu les résultats suivants :

1° *Les nombres d'ondes correspondant à la vibration fondamentale de valence du groupement carbonyle augmentent avec la dilution croissante.* Acétophénone pure : 1684 cm^{-1}, solution de 5 mol d'acétophénone pour 100 mol de tétrachlorure de carbone : 1690 cm^{-1}. Cette position reste la même pour des dilutions plus fortes. En présence de cyclohexane (100 mol pour 5 mol d'acétophénone), l'élévation est de 11 cm^{-1} (1684 à 1695 cm^{-1}).

Cette élévation progressive et continue de la fréquence du groupement carbonyle peut s'interpréter de la manière suivante : si l'on considère deux groupements voisins associés $\left(\begin{smallmatrix}\overset{+}{C}=\overset{-}{O}\\ \underset{-}{O}=\underset{+}{C}\end{smallmatrix}\right)$, chacun d'eux se trouve placé dans le champ électrique créé par l'autre; le sens de ce champ est tel qu'il provoque un déplacement d'électrons de la double liaison vers l'avant de l'atome d'oxygène. Une dilution croissante, produisant un éloignement progressif de ces deux dipôles, permet à ces électrons déplacés de revenir renforcer la double liaison C=O, en augmentant ainsi sa « constante d'élasticité », ce qui se traduit par l'élévation progressive de sa fréquence fondamentale de vibration.

Cette explication est en accord avec l'*abaissement* de cette même fréquence constaté par l'un de nous ([1]), quand on met des cétones en présence d'une substance hydroxylée telle que le phénol. On trouve alors des valeurs bien déterminées qui dépendent du pont hydrogène formé entre les groupements carbonyle et hydroxyle : l'abaissement n'est alors pas progressif, en fonction de la concentration du composé hydroxylé. Le déplacement des électrons de la double liaison, vers l'avant de l'atome d'oxygène, sous l'action du champ électrique intense qui règne au voisinage de l'atome d'hydrogène du groupement hydroxyle, provoque une diminution de la

---

([1]) E. GRAY, *Thèse*, Paris, 1948.

([2]) J. LECOMTE, F. J. TABOURY et E. GRAY, *Comptes rendus*, **224**, 1947, p. 907.

« constante d'élasticité » de cette double liaison et, par suite, un abaissement du nombre d'ondes correspondant.

2° Dans les mêmes conditions, et pour des solutions de même concentration moléculaire, l'intensité d'absorption, correspondant aux maxima des bandes, est plus forte avec le cyclohexane qu'avec le tétrachlorure de carbone : pour des mélanges contenant 5 mol de cétone, l'intensité transmise pour une cuve de même épaisseur est de 8 % avec le tétrachlorure de carbone contre 4 % avec le cyclohexane. Ce résultat est à rapprocher des volumes moléculaires différents de ces deux solvants.

PHYSIQUE MOLÉCULAIRE. — *Isomérie des dérivés monosubstitués du cyclohexane.* Note de M. **Marcel Larnaudie**, présentée par M. Jean Cabannes.

On adopte actuellement pour le cyclohexane la structure « en chaise » de symétrie D_{3d}, comme possédant l'énergie minimum, et représentant, par conséquent, la quasi-totalité des molécules à la température ordinaire ([1]). L'une des conséquences immédiates de cette hypothèse est l'existence de deux isomères monosubstitués, que nous appellerons ε et $\varkappa$ suivant O. Hassel ([2]). Une étude par diffraction électronique, de la vapeur de chlorocyclohexane, effectuée par O. Hassel et H. Viervoll ([3]), a permis de mettre en évidence l'isomère $\varkappa$ seulement. D'autre part l'examen des constantes thermodynamiques du méthylcyclohexane par Beckett, Pitzer et Spitzer ([1]) a eu le même résultat pour ce composé.

Dans le but de préciser cette question, nous avons préparé les dérivés monosubstitués suivants : $C_6H_{11}D$, $C_6H_{11}CH_3$, $C_6H_{11}F$, $C_6H_{11}Cl$, $C_6H_{11}Br$ et $C_6H_{11}I$. Nous en avons obtenu les spectres infrarouges à l'état liquide et, pour les cinq premières substances, à l'état vapeur.

Un calcul approché des fréquences de vibration de $C_6H_{11}D$ nous a confirmé le résultat évident que le spectre d'un isomère pur ne devait présenter qu'une bande d'absorption attribuable à l'allongement de la liaison CD, et nous a donné sa position approximative. Or nous constatons l'existence de deux bandes d'intensités voisines, situées respectivement à 2146 et 2174 cm^{-1} avec la vapeur. De plus la forme des enveloppes de ces bandes indique clairement que la première est du type $\parallel$, donc appartient à l'isomère ε; la seconde est approximativement du type $\perp$, par conséquent traduit l'existence de l'isomère $\varkappa$.

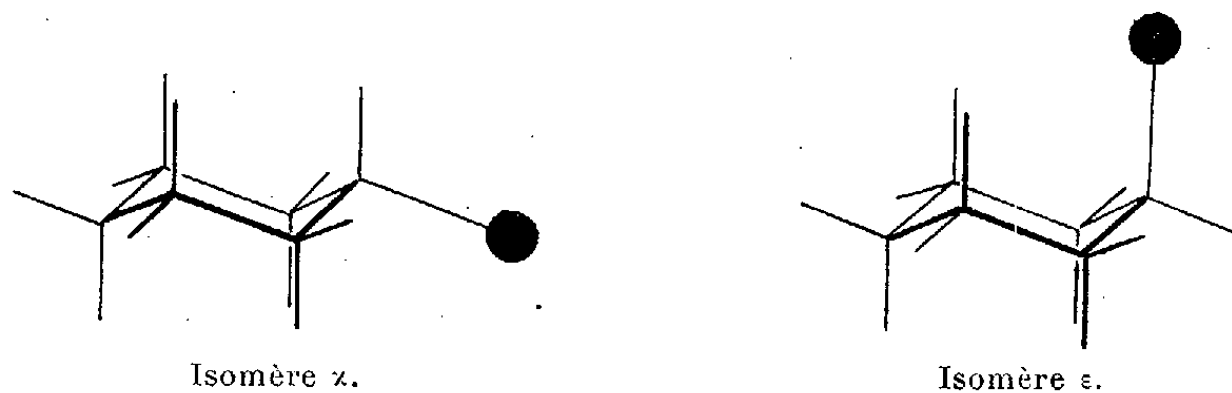
Les spectres du méthylcyclohexane confirment la structure $\varkappa$, mais n'indiquent pas l'existence de la structure ε. Le fluorocyclohexane présente, à l'état

([1]) *Voir* par exemple, C. W. Beckett, K. S. Pitzer et R. Spitzer, *J. Amer. Chem. Soc.*, 69, 1947, p. 2488 et L. J. Oosterhoff, *Thèse*, Leiden, 1949.

([2]) *Tidsskr. f. Kjemi, Bergv. og Metall.*, 5, 1943, p. 32.

([3]) *Acta Chem. Scand.*, 1, 1947, p. 149.

liquide comme à l'état vapeur, deux bandes où la vibration de valence CF prend une part importante : 1 062 cm^{-1}, très intense, caractérise l'isomère $\varkappa$; 1 129 cm^{-1}, assez faible, traduit l'isomère ε. Il en est de même pour le chlorocyclohexane, mais alors que les deux bandes de vibration de valence C — Cl



Isomère $\varkappa$. Isomère ε.

ont une intensité voisine pour le liquide, la bande ε devient faible pour la vapeur. Leurs centres se situent à 688 cm^{-1} pour ε, 742,5 cm^{-1} pour $\varkappa$. Dans le cas du bromocyclohexane liquide, la bande C — Br de ε à 658 cm^{-1} est plus faible que la bande C — Br de $\varkappa$ à 685 cm^{-1}. Elle disparaît complètement pour la vapeur, pendant que la bande de $\varkappa$ reste très intense à 695 cm^{-1}. Nous n'avons pu étudier l'iodocyclohexane à l'état de vapeur. Mais on retrouve avec le liquide la vibration C — I de ε d'intensité moyenne à 638 cm^{-1}, et la vibration C — I de $\varkappa$ très intense à 654 cm^{-1}.

Cette étude indique la présence, en quantité comparable, des deux isomères $\varkappa$ et ε dans le liquide et la vapeur de $C_6H_{11}D$. Pour les autres substances l'isomère $\varkappa$ se montrerait prépondérant, en conformité avec les résultats obtenus par d'autres méthodes, comme nous venons de le dire. Mais la proportion d'isomère ε ne serait pas négligeable dans les quatre dérivés halogénés liquides, faible dans $C_6H_{11}F$ et $C_6H_{11}Cl$ gazeux, nulle dans $C_6H_{11}Br$ et sans doute dans $C_6H_{11}I$ gazeux. Enfin il existerait uniquement les molécules $\varkappa$ pour $C_6H_{11}CH_3$.

L'identité de toutes les enveloppes des bandes d'absorption observées, a été confirmée par une étude d'après les schémas proposés par S. L. Gerhard et D. M. Dennison (4) pour les rotateurs symétriques et par R. M. Badger et L. R. Zumwalt (5) pour les rotateurs dissymétriques. L'écartement des branches PR et l'aspect général des bandes concordent avec les attributions des vibrations C — X et les moments d'inertie des isomères, que nous avons calculés pour chacun des composés. Quant aux autres bandes, pour lesquelles on peut distinguer une structure PQR, elles sont toutes (sauf pour $C_6H_{11}D$) attribuables aux molécules $\varkappa$ prépondérantes. Cette étude nous a également permis de donner une interprétation satisfaisante des spectres en fonction des oscillations normales attendues.

---

(4) *Phys. Rev.*, 43, 1933, p. 197.
(5) *J. Chem. Phys.*, 6, 1938, p. 711.

Une déduction logique de ces résultats, déjà pressentie par plusieurs auteurs ([1]), ([2]), ([3]), est l'existence d'un équilibre entre les isomères x et ε, comme entre une molécule en chaise de cyclohexane et la molécule symétrique par rapport à un plan. Le seuil de potentiel le plus bas permettant la transformation est celui qui a pour intermédiaire une forme en « bateau », et la vibration qui provoque le passage est l'oscillation E_u du cyclohexane (vers 230 cm^{-1}). Nous avons estimé la hauteur du seuil à environ 4500 cm^{-1} pour C_6H_{12} et $C_6H_{11}D$ d'après nos calculs de vibrations, et sans tenir compte de l'anharmonicité, pour laquelle nous n'avons aucune donnée. Cette barrière est probablement d'autant plus haute que le substituant est plus encombrant, ce qui explique les résultats obtenus ci-dessus.

On peut s'attendre à une modification de la proportion des deux isomères suivant la température, la dilution, etc. : nous avons, en effet, mis en évidence une faible variation pour des solutions de concentration variable dans le sulfure de carbone.

Le développement de ce travail paraîtra dans un autre recueil.

PHYSIQUE NUCLÉAIRE. — *Utilisation du compteur à étincelles pour l'étude de la fission de l'uranium.* Note de M. **Pierre Savel**, présentée par M. Frédéric Joliot.

Au cours d'une Note récente ([1]), nous avons indiqué trois applications intéressantes des compteurs à étincelles : dépistage des contaminations α; dosage des neutrons thermiques; mise en évidence des réactions (n, α) dont la section efficace ne dépasse pas 10^{-29} cm^2; nous proposons aujourd'hui une quatrième application : mise en évidence des réactions de fission ([2]).

Le compteur étant uniquement sensible aux particules très ionisantes, nous avons essayé de voir si les produits de fission de l'uranium (dont l'ionisation est beaucoup plus forte que celle des particules α) pouvaient être decelés.

Au-dessus du compteur à 13 fils et à 3 mm de ceux-ci, on place une plaque d'uranium métallique et l'on ajuste la tension entre les électrodes de façon à se trouver légèrement au-dessous du seuil permettant de compter les particules α. Ainsi réglé, le compteur est placé au centre d'un bloc de paraffine et sur ce bloc on dispose une source de neutrons (500 mg Ra Be), on enregistre alors un certain nombre d'impulsions provenant des produits de fission de l'uranium; si l'on diminue la tension des électrodes, le nombre d'impulsions décroît et l'on atteint un seuil pour ces produits de fission inférieur de 350 V à celui des particules α.

([1]) *Comptes rendus*, **234**, 1952, p. 2596.

([2]) Cette idée à été suggérée par M. S. Rosemblum lors de la présentation de notre appareil à la Société française de Physique (27 juin 1952).

Le flux de neutrons tombant sur le compteur a été mesuré comme précédemment et a été trouvé égal à 7 500 ± 300 neutrons/s/cm², le nombre maximum d'impulsions était de 14 par minute. Si l'on prend la section efficace de fission de l'uranium naturel égale à 2.10^{-24} cm², on peut calculer que le compteur placé dans la pile Zoé permettrait de déceler rapidement des fissions dont la section efficace serait de l'ordre de 10^{-30} cm².

PHYSIQUE NUCLÉAIRE. — *Sur les produits radioactifs artificiels existant dans l'atmosphère de la région parisienne.* Note (*) de MM. **Marcel Abribat**, **Jacques Pouradier** et Mlle **Anne-Marie Venet**, présentée par M. Louis Leprince-Ringuet.

Nous avons montré, dans une précédente communication ([1]), que les eaux de pluie tombées dans la région parisienne pendant les mois de novembre et décembre 1951 contenaient des éléments radioactifs artificiels et que ces éléments devaient provenir des explosions atomiques du Névada (États-Unis).

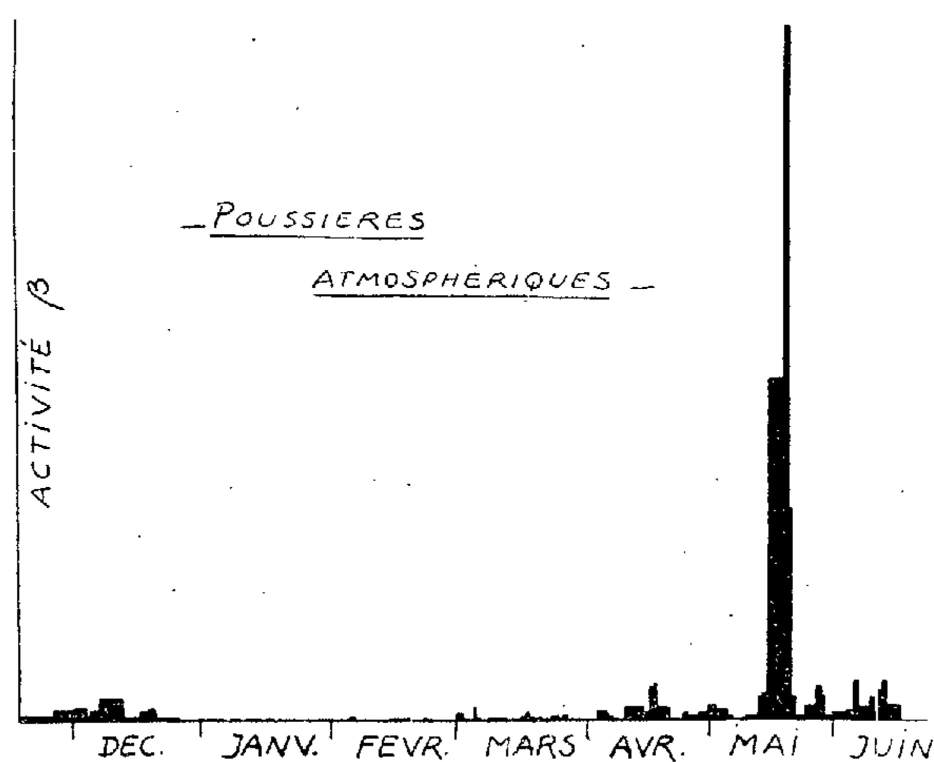


Fig 1.

De nombreuses autres explosions ayant été provoquées depuis cette époque, nous avons poursuivi nos recherches sur les substances recueillies en évaporant de l'eau de toutes les pluies et en filtrant quotidiennement le même grand volume d'air sur des filtres de coton ultérieurement incinérés. L'histogramme de la figure 1 concerne la radioactivité des cendres ainsi obtenues. D'autre part, nous avons étudié la décroissance de l'activité β de tous les échantillons radioactifs recueillis.

(*) Séance du 7 juillet 1952.

([1]) M. Abribat, R. Pinoir, J. Pouradier et A. M. Venet, *Comptes rendus*, 234, 1952, p. 1161.

Si, suivant la méthode classique, on porte le logarithme de l'activité en fonction du temps, on obtient une courbe régulière tournant sa concavité vers le haut. En raison du grand nombre des radioéléments contenus dans les échantillons étudiés, il est impossible d'analyser mathématiquement les courbes de décroissance afin d'en déduire diverses périodes.

Des mesures (²) faites au voisinage du lieu d'explosion d'une bombe atomique ont montré que l'activité d'une masse quelconque des produits de fission de cette bombe décroît suivant la loi

$$A_t = A_1 t^{-1,2},$$

où A_t et A_1 représentent l'activité de l'échantillon, respectivement au temps t et une seconde après l'explosion. Autrement dit, si l'on porte le logarithme de l'activité en fonction du logarithme du temps, on obtient une droite de pente — 1,2.

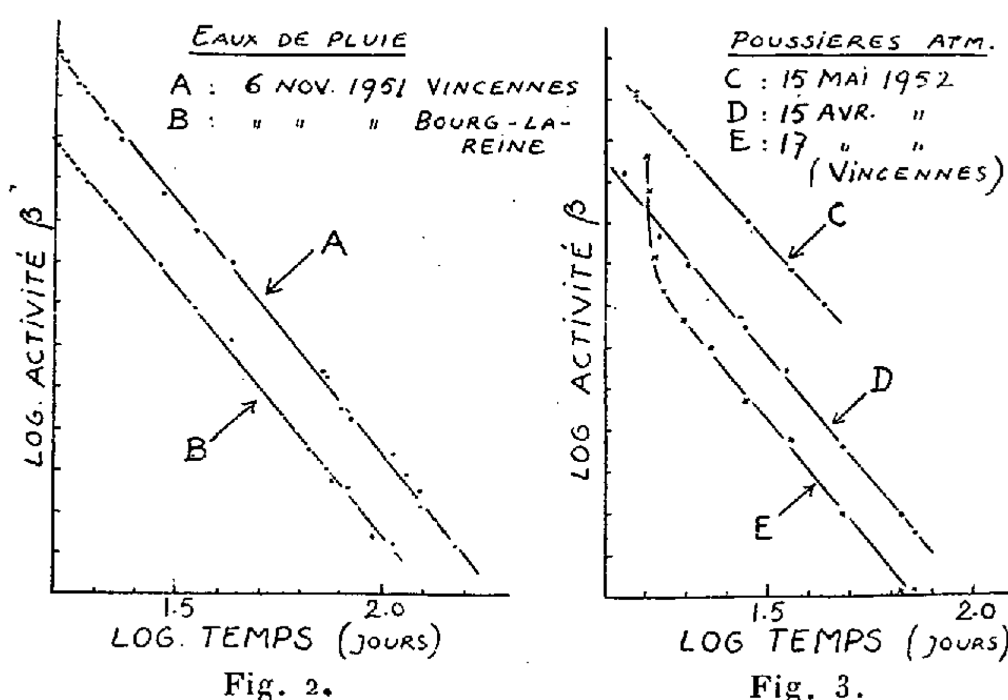


Fig. 2.

Fig. 3.

Afin de déterminer si cette loi est applicable aux substances radioactives recueillies, nous avons, pour les échantillons les plus actifs, porté l'activité β en fonction du temps en employant des échelles logarithmiques. Ce mode de représentation nécessite la connaissance précise de l'origine dans le temps. On ne peut donc l'utiliser que lorsque les explosions atomiques ont été suffisamment espacées pour qu'il n'y ait pas d'ambiguïté sur cette origine.

Quelques courbes types sont reportées sur les figures 2 et 3.

Les courbes A et B de la figure 2 correspondent respectivement aux extraits secs de l'eau des pluies tombées à Vincennes et à Bourg-la-Reine le 6 novembre 1951 (³). Les courbes de la figure 3 sont relatives à des poussières recueillies en filtrant un grand volume d'air les 15 et 17 avril et le 15 mai 1952.

(²) *The Effects of Atomic Weapons*, Mc Graw-Hill book Company, New-York, 1950, p. 252.

(³) Les raisons de la non-coïncidence de ces deux courbes (rapport des activités $\simeq$ 1,58) nous sont encore inconnues.

L'observation de toutes les courbes montre qu'elles présentent toutes une partie droite importante de pente $-1,2 \pm 0,1$ laquelle peut être précédée ou non d'une partie curviligne, assez courte tournant sa concavité vers le haut.

L'analyse de cette partie de la courbe semble indiquer que la déviation par rapport à la droite est due aux éléments radioactifs naturels, toujours présents en petite quantité dans l'atmosphère.

L'existence, dans la courbe de décroissance, d'une partie rectiligne importante de pente $-1,2$ est une preuve supplémentaire que les produits radioactifs recueillis proviennent bien des bombes d'essais du Névada, et d'autre part, montre que, malgré la grande distance parcourue et les faibles quantités de substances radioactives étudiées, la composition de celles-ci est la même qu'au voisinage du lieu de l'explosion.

PHYSIQUE NUCLÉAIRE. — *Mesure du rapport des sections efficaces de fission par neutrons thermiques de* ^{239}Pu *et de l'uranium naturel.* II. Note de MM. **René Cohen, Eugène Cotton** et **Antoine Lévêque**, présentée par M. Louis Leprince-Ringuet.

Dans une Note précédente nous avions publié une valeur du rapport indiqué en titre $(203,3 \pm 4,0)$ (1). En admettant que les deux sections efficaces suivent la loi en $1/v$ dans la région thermique, nous avions donné 796 ± 16 barns comme valeur de la section efficace de fission de ^{239}Pu pour des neutrons de 0,025 eV (en adoptant pour celle de l'uranium 3,915 barns).

Très récemment une valeur de 664 barns a été publiée (2) pour la section efficace moyenne de fission de ^{239}Pu pour un flux quasi maxwellien de vitesse la plus probable 2.200 m/s.

Nous avons été amenés à envisager trois explications possibles de cette divergence :

a. une erreur expérimentale grossière de 20 % dans l'une de nos mesures;

b. une erreur d'un facteur 30 dans le dosage de la quantité d'uranium contenue dans la solution de Pu utilisée;

c. une variation différente en fonction de la vitesse des sections efficaces de fission des deux noyaux en cause (3).

Pour estimer la valeur des hypothèses *a* et *b*, nous avons effectué une nouvelle mesure du rapport des sections efficaces dans le même flux ; nous avons

(1) R. Cohen, E. Cotton, A. Leveque, *Comptes rendus*, **234**, 1952, p. 2355.

(2) Autorités de l'Énergie Atomique du Canada, du Royaume Uni et des États-Unis, Atomics (G. B.), **3**, 6, 1952, p. 156.

(3) D'après des mesures effectuées à la sortie du canal **7**, on peut estimer que la vitesse la plus probable des neutrons arrêtés par le cadmium est voisine de 2700 m/s (A. Ertaud, R. Beaugé, *J. Phys. Rad.*, **12**, 5, 1951, p. 580).

utilisé une nouvelle solution de ^{239}Pu préparée récemment par M. Regnault (Chimie appliquée C. E. A), ainsi qu'un nouveau dépôt d'uranium; la chambre double a été remplacée par une chambre à grille (géométrie 2π) pour simplifier l'électronique. Les comptages de fission de l'uranium et du plutonium n'étaient plus simultanés. La reproductibilité des conditions d'irradiation a été assurée par l'utilisation de deux couches fissiles de même diamètre et par le repérage géométrique de la position de la chambre par rapport à la pile; la mesure de l'activité d'un détecteur de cuivre convenablement placé nous a permis de comparer avec précision les flux utilisés pour chacune des mesures.

Les résultats sont présentés dans le tableau ci-dessous où :

A est l'activité absolue α par minute dans un angle solide 2π corrigée [1] de l'auto-absorption, de la rétrodiffusion et des pertes dues au temps mort de l'ensemble ($12,0 \pm 0,7\ \mu s$);

F est le nombre de fissions par minute, corrigé de l'auto-absorption;

D représente, en unités arbitraires, le flux utilisé.

Uranium (13-16 juin)	$A_{U_1} = 470,3 \pm 0,33\ \%\ \alpha.m^{-1}$ $F_{U_1} = 881,35 \pm 0,45\ \%\ f.m^{-1}$ $D_{U_1} = 21,25 \pm 0,30\ \%$	$G_{U_1} = \dfrac{A_{U_1} D_{U_1}}{F_{U_1}} = 11,34 \pm 0,07;$
Plutonium (19-21 juin)	$A_{Pu} = 274\,100 \pm 0,45\ \%\ \alpha.m^{-1}$ $F_{Pu} = 1162 \pm 0,45\ \%\ f.m^{-1}$ $D_{Pu} = 20,97 \pm 0,40\ \%$	$G_{Pu} = 4947 \pm 40;$
Uranium (26-27 juin)	$A_{U_2} = 457,6 \pm 0,63\ \%$ [4] $\alpha.m^{-1}$ $F_{U_2} = 826,9 \pm 0,44\ \%\ f.m^{-1}$ $D_{U_2} = 20,80 \pm 0,45\ \%$	$G_{U_2} = 11,50 \pm 0,10.$

L'écart de G_{U_1} et G_{U_2} peut s'expliquer par les seules erreurs de mesure; nous avons cependant estimé qu'il était préférable de considérer qu'un défaut possible de la reproductibilité géométrique de la position de la chambre dans le faisceau pouvait introduire une erreur de 0,6 %.

Valeur de σ_{Pu}/σ_U. — Rappelons que

$$\frac{\sigma_{Pu}}{\sigma_U} = \frac{F_{Pu}}{F_U}\frac{A_U}{A_{Pu}}\frac{N_{Pu}}{N_U} = \frac{G_U}{G_{Pu}}\frac{N_{Pu}}{N_U},$$

où les N représentent les nombres de particules α émises par atome-gramme [*Cf* [1]], et où G_U est la moyenne pondérée de G_{U_1} et G_{U_2}.

Le dosage de l'uranium dans le plutonium, effectué par M. Huré, du Service de Chimie appliquée du Commissariat à l'Énergie atomique, introduit une correction de $1,25 \pm 0,5\ \%$.

---

[4] Entre les deux expériences la feuille d'uranium a été placée entre deux feuilles de papier et une quantité visible d'uranium est restée sur le papier d'où la diminution observée. On s'est assuré qu'il n'y a pas eu de perte d'uranium ou de plutonium en cours d'expérience en comptant les α avant et après l'exposition aux neutrons.

On parvient finalement à

$$\boxed{\frac{\sigma_{Pu}}{\sigma_U} = 207{,}0 \pm 3{,}0}.$$

Aux erreurs expérimentales près, c'est la valeur obtenue précédemment. Rappelons qu'il s'agit là du rapport des sections efficaces moyennes de fission dans le flux de neutrons sortant du canal radial 7 (complètement débouché) de la pile de Châtillon.

Les nombreux contrôles effectués lors de ces mesures permettent d'éliminer complètement l'interprétation *a* de la divergence avec les anglo-saxons; on peut exclure aussi l'interprétation *b* (cette dernière imposerait non seulement une erreur d'un ordre de grandeur trop important mais aussi une convergence bien extraordinaire de deux erreurs différentes et importantes conduisan au même résultat final).

Il n'est donc pas exclu que la divergence soit due à un écart (dans la région des neutrons thermiques) par rapport à la loi en $1/v$ de la section efficace de fission de ^{239}Pu, de celle de l'uranium ou des deux ([5]).

CHIMIE PHYSIQUE. — *Détermination de l'isotherme de solubilité* (13°) *pour le système bromure mercurique, bromure de baryum et eau. Étude de l'indice de réfraction et de la dispersion des solutions.* Note (*) de Mlle **Marie-Louise Delwaulle** et M. **Jacques Van Heems**, présentée par M. Jean Cabannes.

Nous avons étudié le système bromure mercurique, bromure de baryum et eau dans le but d'obtenir des solutions très concentrées de bromure mercurique et de faire varier dans des limites aussi larges que possible le rapport entre le nombre de molécules de bromure mercurique et celui d'ions Br^- apportés par un halogénure dissocié en solution.

L'étude a été faite à 13°. L'isotherme comporte deux très longues branches (*fig.* 1) : la branche I correspond au dépôt de bromure mercurique, elle est pratiquement linéaire; la branche II correspond au dépôt de $BaBr_2 2H_2O$. On peut arriver à des solutions extrêmement concentrées dans les deux halogénures. Le rapport $HgBr_2/Br^-$ peut varier de 0 à 0,7. Pour les liqueurs très concentrées les équilibres solide-solution sont très difficiles à obtenir. Nous ne considérons donc comme connu avec certitude que le diagramme limité aux points A et B. Ces points sont certainement voisins du ou des invariants. S'il existe un sel double la branche correspondant à son dépôt est très petite et nous n'avons pas pu la mettre en évidence. Ce diagramme de solubilité

(5) La fission par neutrons rapides rend aléatoire l'interprétation des mesures avec cadmium.

(*) Séance du 7 juillet 1952.

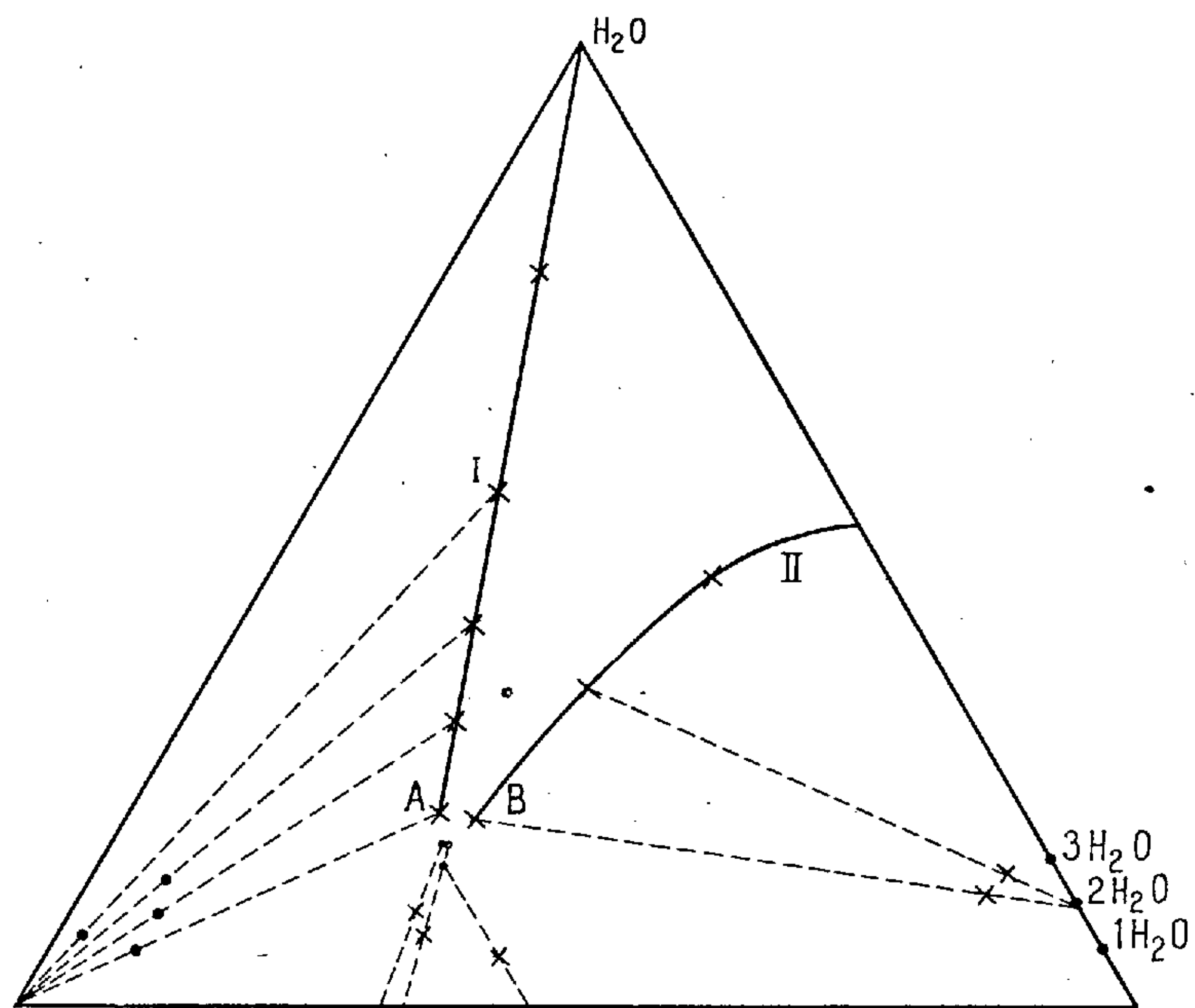


Fig. 1.

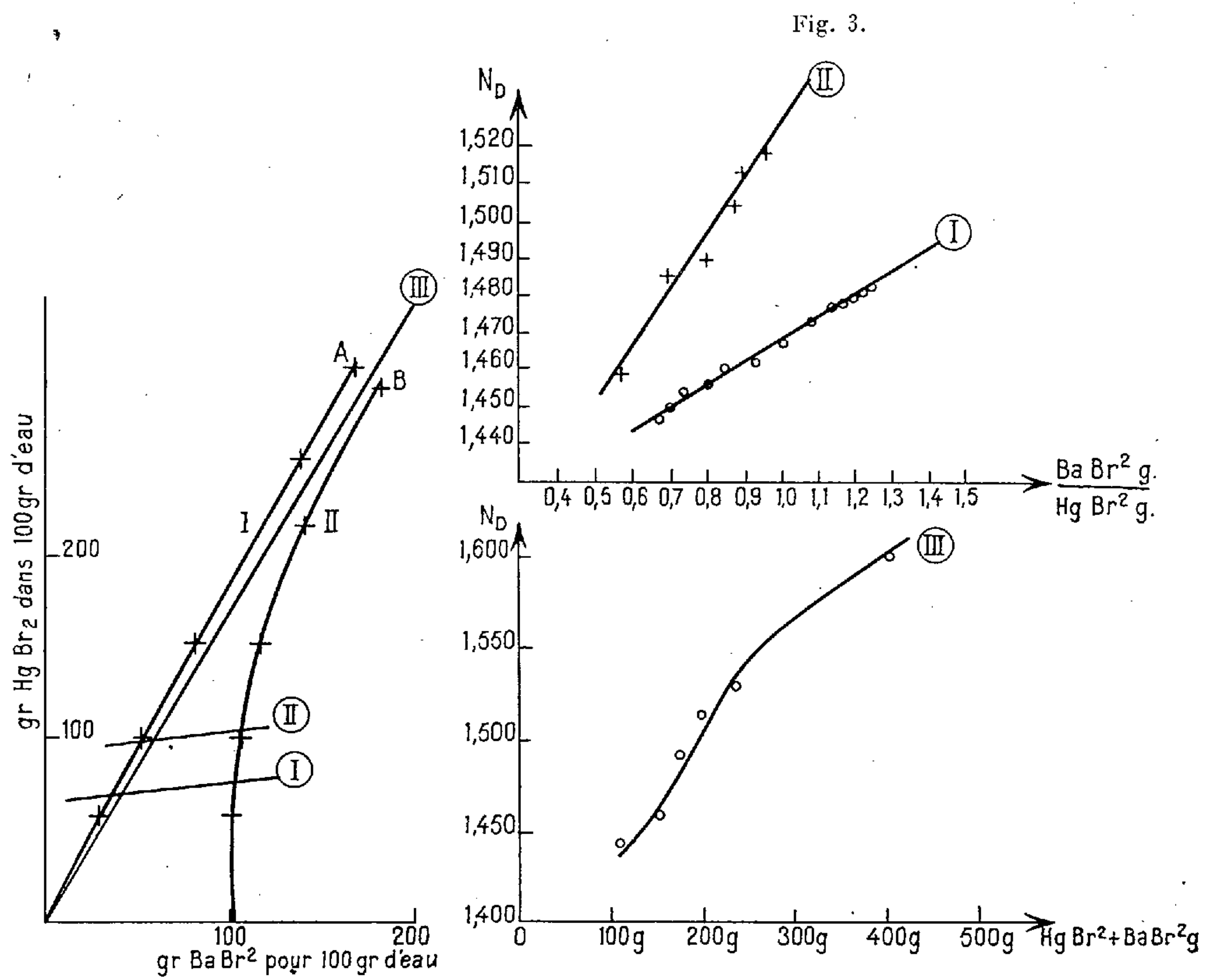


Fig. 3.

Fig. 2.

Fig. 4.

ressemble fort à celui obtenu par Schreinemaker (1) pour le système $HgCl_2$, $BaCl_2$, H_2O. Pour l'isotherme 0° cet auteur trouve une très petite branche correspondant au dépôt de $HgCl_2$, $BaCl_2$, $6H_2O$. Pour l'isotherme 30° cette branche n'existe plus.

Les solutions que nous avons préparées doivent servir de base à une étude de la variation de l'indice de réfraction et de la dispersion des solutions en vue de trouver la composition la meilleure pour remplir un prisme de Pellin-Broca de grande taille utilisé comme monochromateur dans un montage interférométrique (2). Les mesures ont été faites au réfractomètre de Pulfrich.

Les variations de l'indice de réfraction ont été étudiées en faisant varier la masse de $BaBr_2$ en solution, les masses d'eau et de $HgBr_2$ restant à peu près constantes (courbes I et II) et en augmentant la masse totale de sels dissous dans une masse constante d'eau, le rapport de leurs masses restant constant (courbe III). On voit que l'indice croît de façon régulière lorsqu'on se rapproche de la branche de dépôt de $BaBr_2$, $2H_2O$, et lorsqu'on augmente la concentration de la solution.

La dispersion est fonction de l'indice et elle augmente peu mais régulièrement quand l'indice augmente.

CHIMIE PHYSIQUE. — *Étude dilatométrique du dysprosium métallique.* Note (*) de MM. **Félix Trombe** et **Marc Foëx**, présentée par M. Paul Lebeau.

Nous avons montré récemment (1) que le gadolinium possède, au point de vue dilatométrique, un comportement différent de celui que l'on observe généralement pour les ferromagnétiques classiques. Il était intéressant de faire, dans le même intervalle de température, — 195° C + 300° C, l'étude des allongements du dysprosium, métal également ferromagnétique du groupe des terres rares. Le dysprosium (2), dont le point de Curie est situé à — 168° C, présente, en outre, une importante anomalie magnétique vers — 94° C et, en dessous de cette température, des effets de saturation.

Un échantillon de métal de 12,5 mm de longueur, contenant moins de 1 % des Terres Rares voisines et une très faible proportion d'autres impuretés, a été étudié dans les mêmes conditions que le gadolinium (1).

(1) *Chem. Werkbl.*, **7**, 1910, p. 197.

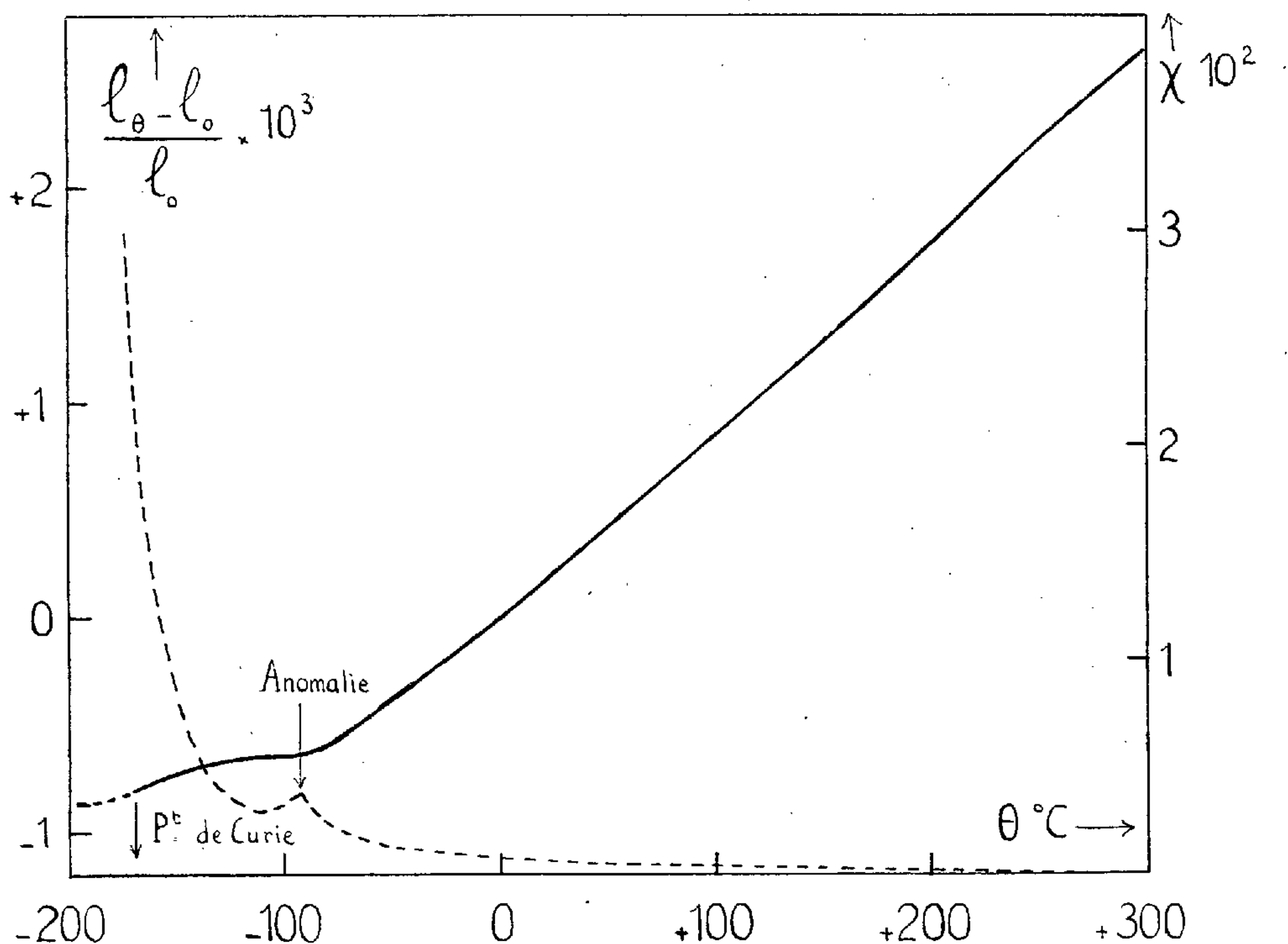
(2) Simon, *Bull., Union des Physiciens*, **260-261**, 1933, p. 216; Duclaux et Amer, *Revue d'Optique*, **17**, 1938, p. 417.

(*) Séance du 30 juin 1952.

(1) *Comptes rendus*, **235**, 1952, p. 42.

(2) F. Trombe, *Comptes rendus*, **221**, 1945, p. 19.

Sur la figure donnant les résultats de l'étude dilatométrique (trait plein) sont représentées aussi les propriétés magnétiques du dysprosium en fonction de la température (valeurs de χ dans un champ d'environ 1000 Oe : trait pointillé).



On constate que :

1° entre — 90 et + 300° C, le coefficient de dilatation du dysprosium croît légèrement et régulièrement avec la température, il est, vers la température ordinaire, de l'ordre de 8.10^{-6}, valeur normale pour les métaux de terres rares;

2° à — 90° C, il existe un coude brusque de la courbe des allongements avec une diminution considérable du coefficient de dilatation. Cette anomalie coïncide sensiblement avec l'anomalie magnétique (— 94° C) déjà signalée;

3° vers les basses températures, le coefficient de dilatation reprend progressivement des valeurs plus élevées; au-dessous du point de Curie, — 168° C, il paraît décroître à nouveau, mais l'intervalle de température qui, dans nos expériences, permet de le définir est relativement faible et les valeurs que l'on peut déduire de la courbe des allongements peu précises.

Les phénomènes précédents sont sensiblement réversibles dans les

conditions de nos expériences et ne sont pas modifiés par un recuit du métal à 300° C.

En résumé, l'étude du dysprosium et celle, que nous avons déjà donnée, du gadolinium, montrent que ces deux métaux des Terres Rares, classés comme « ferromagnétiques » d'après les phénomènes magnétiques qu'ils présentent, diffèrent cependant des ferromagnétiques classiques par l'allure de leurs anomalies de dilatation aux points de transition magnétique.

Pour le dysprosium, il apparaît que l'anomalie magnétique de — 94° C, qui se trouve à 74° au-dessus du point de Curie de ce métal, n'est pas un phénomène secondaire puisqu'elle est accompagnée d'une anomalie de dilatation très importante.

La limite de nos expériences vers les basses températures (— 195° C) nous permet seulement d'envisager la probabilité d'existence, dans la courbe des allongements, d'un second palier caractérisant le point de Curie du dysprosium.

CHIMIE PHYSIQUE. — *Du rôle de l'acide nitreux dans la formation des dérivés nitrés des amines et des phénols en milieu nitrique étendu.* Note de M. **François-Michel Lang**, présentée par M. Louis Hackspill.

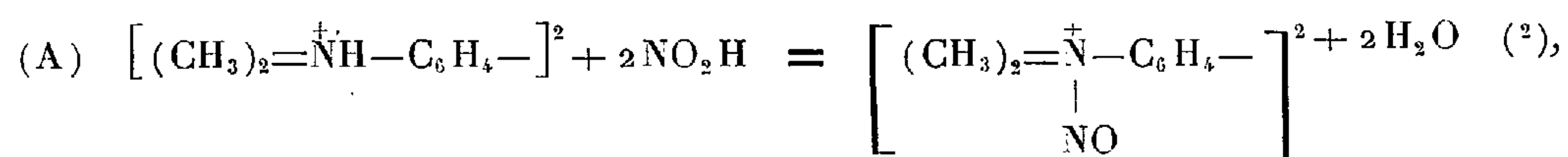
Influence de la concentration initiale en acide nitreux dans l'action de l'acide nitrique 10 % sur la tétraméthylbenzidine. C'est par une réaction en chaîne que l'acide nitreux, nécessaire à la formation du dérivé quinonique se développe. La quantité x produite au temps t peut se calculer avec une très bonne approximation par l'équation $x = x_0 e^{\varphi_0 t}$, x_0 étant la concentration initiale en NO_2H.

Dans des Notes antérieures ([1]) nous avions formulé l'hypothèse que les dérivés nitrés des amines et des phénols se formaient en milieu nitrique étendu, par action de l'acide nitreux sur la matière organique par l'intermédiaire d'oxydations et de nitrosations, l'acide nitreux nécessaire pouvant se développer, à partir de très petites quantités, au sein de l'acide nitrique, par des réactions en chaîne.

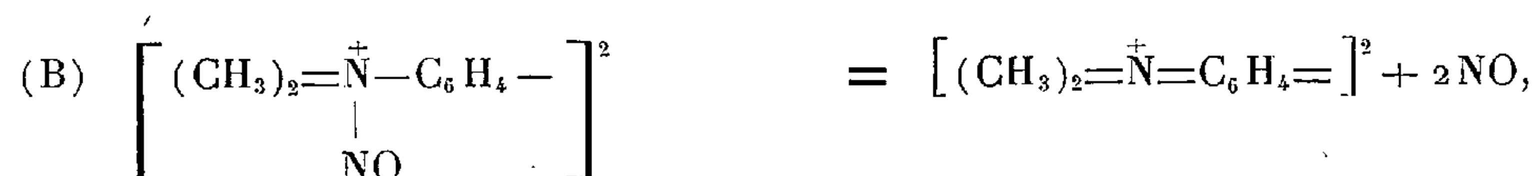
Nous avions d'autre part observé, par des expériences préliminaires, que la tétraméthylbenzidine se prêtait assez aisément à ce genre d'étude, car il est possible de déterminer les conditions expérimentales où l'acide nitreux formé oxyde tout d'abord presque quantitativement l'amine en un sel coloré quinonique (dosable au colorimètre); la nitrosation postérieure transformant le sel quinonique en dérivé nitré ne commençant que lorsque l'oxydation est presque

([1]) *Voir* en particulier F.-M. Lang et G. Aunis, *Comptes rendus*, **229**, 1949, p. 658 et 834.

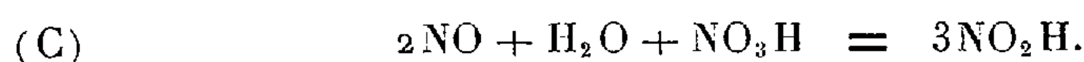
terminée.



(A) $\left[(CH_3)_2{=}\overset{+}{N}H{-}C_6H_4{-}\right]^2 + 2NO_2H = \left[(CH_3)_2{=}\overset{+}{N}(NO){-}C_6H_4{-}\right]^2 + 2H_2O$ (²),



(B) $\left[(CH_3)_2{=}\overset{+}{N}(NO){-}C_6H_4{-}\right]^2 = \left[(CH_3)_2{=}\overset{+}{N}{=}C_6H_4{=}\right]^2 + 2NO$,



(C) $2NO + H_2O + NO_3H = 3NO_2H$.

Dans cette hypothèse, partant d'une certaine quantité d'acide nitreux on en retrouve 50 % de plus après chaque cycle de réactions A → B → C → A. La réaction A, qui pourrait être influencée par la diminution de la concentration en tétraméthylbenzidine au cours du phénomène, est quasi immédiate (¹). La vitesse sera donc réglée par les deux autres (B et C) qui ont des vitesses proportionnelles aux concentrations de produits déjà formés. Et la concentration d'acide nitreux croîtra avec le temps suivant une réaction en chaîne, traduite par la loi exponentielle : $x = x_0 e^{\varphi_0 t}$, x_0 étant la concentration initiale d'acide nitreux et φ_0 une constante de vitesse.

Or nous avons pu vérifier, en diminuant nos erreurs expérimentales, le bien-fondé de cette hypothèse; φ_0 ne dépend pas de x_0, il peut être déterminé expérimentalement, toutes autres conditions (température, agitation, etc.) étant bien fixées :

Il est alors possible de trouver par le calcul la valeur de x, concentration d'acide nitreux au temps t, suivant la valeur de x_0 concentration de la quantité d'acide nitreux initial et cette valeur est très voisine du taux expérimental.

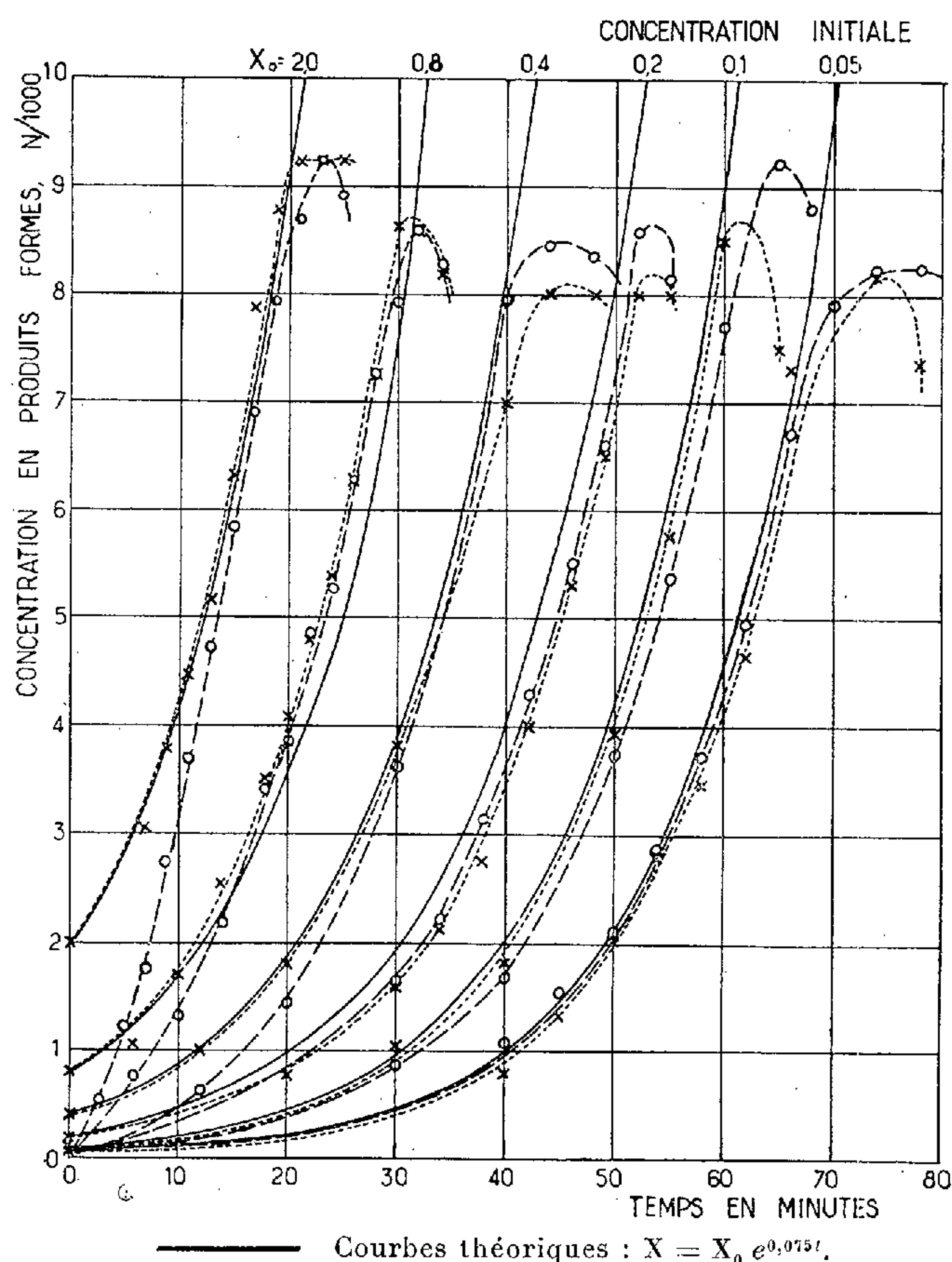
D'autre part, à condition que la quantité d'acide nitreux initial ne soit pas trop importante (supérieure à N/1000). la concentration en sel quinonique formé rejoint rapidement celle de NO_2H présent comme le prévoit notre hypothèse.

Lorsqu'on opère à une concentration de tétraméthylbenzidine inférieure à 20 millimol/l et au voisinage de 0° C, il y a peu de perte en NO_2H.

Au-dessous d'une certaine concentration d'acide nitreux initial, la réaction ne démarre plus ($NO_2H < 0{,}05$ N/1000 dans notre exemple), le seuil varie avec la concentration de tétraméthylbenzidine et est d'autant plus élevé que cette concentration est plus forte.

(²) Nous devons à M. Ingold la suggestion du passage par ce corps intermédiaire. Nous pensions tout d'abord à la formation d'un complexe Amine + NO_2H beaucoup moins probable.

NO_3H 10 % — TETRAMETHYLBENZIDINE 10.10⁻³ M (10 MILLIMOL./LITRE)
100 CC. DE SOLUTION DANS UN BECHER DE 800 CC.
TEMPERATURE 0° C — AGITATION 200 T/MN — LUMIERE LAMPE JOUR



——— Courbes théoriques : $X = X_0\, e^{0,075t}$.
X : Concentration des produits formés au temps t. X_0 : Concentration en acide nitreux au départ.
— — o — — Concentration en sel quinonique. - - - × - - - Concentration en NO_2H..

Ce phénomène, encore actuellement à l'étude, fera l'objet d'une publication ultérieure.

CINÉTIQUE CHIMIQUE. — *Hydrolyse de l'anhydride acétique dans l'acide acétique, en présence d'acide chlorhydrique.* Note de M. **Théophile Yvernault**, présentée par M. Paul Pascal.

J'ai poursuivi l'étude cinétique [1] de l'hydrolyse de l'anhydride acétique Ac_2O dans des solvants à base d'acide acétique AcOH, par une quantité

---

(1) Th. Yvernault, *Comptes rendus*, 233, 1951, p. 411.

d'eau faible : de l'ordre de 1 %. Les résultats exposés concernent l'hydrolyse sans catalyseur, et l'hydrolyse en présence d'acide chlorhydrique. Les vitesses sont déterminées par dosage de l'eau au moyen du réactif de Karl Fischer, et sont exprimées en molécules-gramme d'eau éliminées par litre et par minute.

En absence de catalyseur, la vitesse V est proportionnelle aux concentrations moléculaires x de l'eau, et y de l'anhydride : $V = kxy$. Les mesures faites dans un milieu contenant, à côté de l'acide acétique, jusqu'à 90 % de benzène ou jusqu'à 50 % d'anhydride montrent que k décroît lorsque la constante diélectrique D du milieu croît.

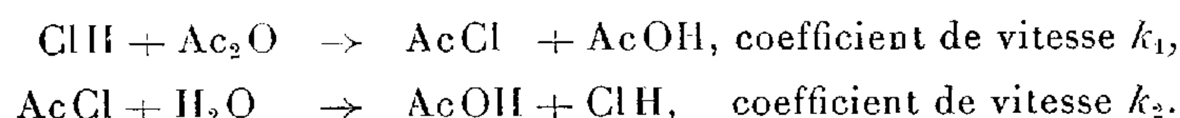
D (mesuré à 18°)........	2,40	4,20	8	9,75	14,80
$10^4 k$ à 25°..............	21,75	10,8	6,85	5,92	4

Pour les quatre premières valeurs $\log k$ est sensiblement fonction linéaire de $(D-1)/(2D+1)$, loi théorique pour les réactions bimoléculaires entre molécules polaires en solutions diluées lorsque les phénomènes non électrostatiques sont négligeables. Le mécanisme peut donc être bimoléculaire, mais il est sans doute différent du mécanisme en milieu aqueux, où k est une fonction croissante de D (²).

En présence d'acide chlorhydrique, la vitesse considérée V_1 est la différence entre la vitesse mesurée et la vitesse dans les mêmes conditions en absence de catalyseur, les deux processus réactionnels semblant se superposer de façon indépendante.

La figure 1 représente V_1/c en fonction de y dans des mélanges AcOH, Ac_2O, pour $x = 0,556$, $0,278$, $0,111$ et les concentrations moléculaires c de HCl : $c = 0,05$ et $c = 0,005$.

L'allure des courbes m'a fait supposer qu'il y a formation intermédiaire de chlorure d'acétyle AcCl :



$ClH + Ac_2O \rightarrow AcCl + AcOH$, coefficient de vitesse k_1,

$AcCl + H_2O \rightarrow AcOH + ClH$, coefficient de vitesse k_2.

En admettant qu'à un instant donné la concentration de AcCl est pratiquement stationnaire et en négligeant l'ionisation

$$V_1 = \frac{k_1 k_2 c x y}{k_1 y + k_2 x}.$$

Si y est assez faible, $V_1 = k_1 c y$. Conformément à cette dernière formule, les courbes (*fig.* 1) représentant V_1/c semblent bien avoir à l'origine une tangente commune, dont la pente détermine k_1, avec une précision d'ailleurs faible, en raison de la grande erreur relative sur les petites valeurs de y. On trouve $k_1 = 2,5$ à 25° et 20 à 50°.

(²) V. Gold, *Trans. Far. Soc.*, 1948, p. 506.

Pour les fortes valeurs de y, on a $V_1 = k_2 cx$. Cette formule entraîne les deux conséquences suivantes :

1° Les courbes (*fig.* 1) doivent être indépendantes de c, et tendre, pour les grandes valeurs de y, vers une asymptote horizontale, d'ordonnée proportionnelle à x. Cela n'est qu'approximativement vérifié, et pour $0{,}3 < y < 0{,}6$ avec k_2 de l'ordre de 0,4.

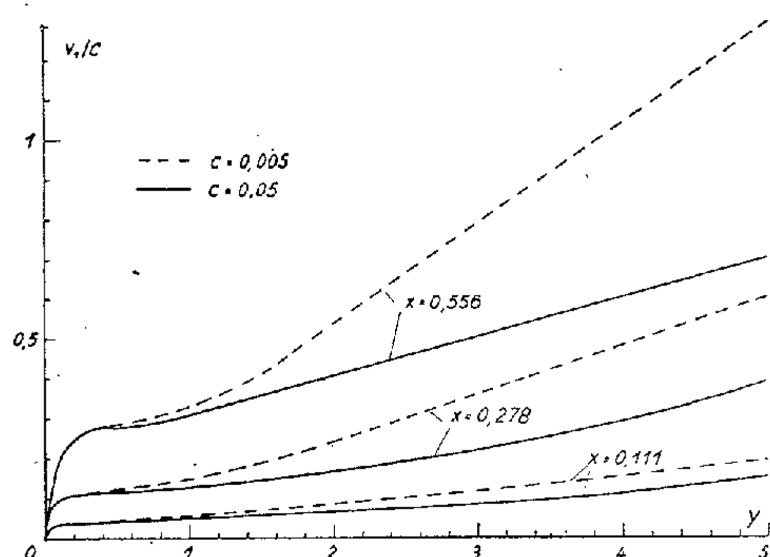


Fig. 1.

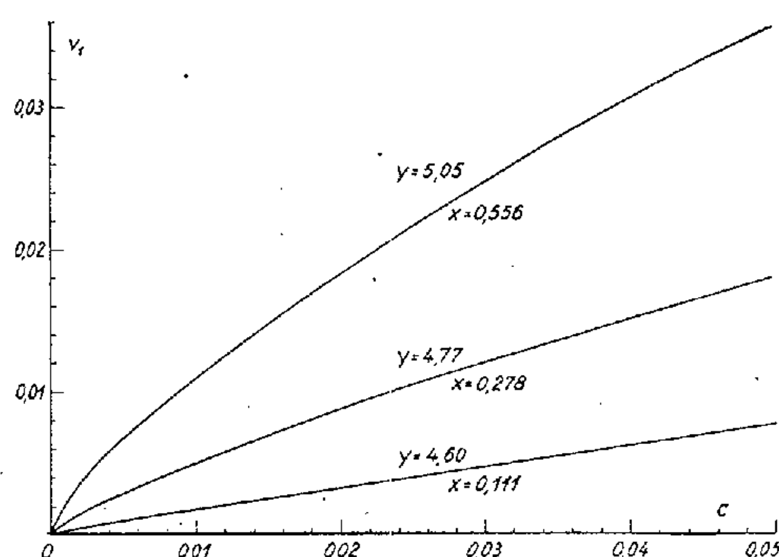


Fig. 2.

Si y devient plus grand, d'une part la vitesse croît continuellement lorsque c reste constant et d'autre part l'activité catalytique de ClH croît avec sa dilution, comme l'indique l'écart entre les courbes relatives à $c = 0{,}05$ et $c = 0{,}005$ de la figure 1, et la figure 2 relative à des mélanges à environ 50 % de Ac_2O. Ce dernier fait permet de supposer que des phénomènes ioniques interviennent : par exemple, formation de Ac_3O^+ à partir de AcCl ([3]).

2° La vitesse doit être la même, que l'on ajoute initialement HCl ou AcCl, ce que j'ai pu vérifier dans le domaine accessible aux mesures : valeurs de c les plus élevées et x de l'ordre de 0,1. Les valeurs de $\log k_2$, ainsi déterminées par addition de AcCl dans des mélanges de AcOH, Ac_2O et, d'autre part de AcOH, C_6H_6, sont sensiblement fonction linéaire de la constante diélectrique D du milieu, mesurée d'autre part :

D à 18° :	3,10 ($y = 0$),	4,40 ($y = 0$),	6,60 ($y = 0$),	10,8 ($y = 2{,}8$),	14,2 ($y = 5.0$)
k_2 à 25° :	0,133	0,178	0,316	0,740	1,23

Si nous admettons que pour les plus grandes valeurs de c, k_2 ne dépend que de D, on détermine par interpolation à l'aide de cette relation empirique, une valeur de k_2, qui, portée dans $V_1 = k_2 cx$, donne des courbes coïncidant assez bien pour $y > 0{,}3$ avec les courbes (*fig.* 1) relatives à $c = 0{,}05$.

([3]) Usanovitch et Yatsimirskii, *J. Chim. Gén. U. R. S. S.*, **11**, 1941, p. 957.

RADIOCHIMIE. — *Formation et décomposition de l'eau oxygénée dans l'eau irradiée aux rayons α du polonium.* Note (*) de Mme **Maria do Carmo Anta** et M. **Moïse Haïssinsky**, transmise par M. Pierre Jolibois.

Désirant étendre aux rayons α de Po l'étude des réactions radiochimiques d'oxydo-réduction en solution aqueuse, il nous importait de connaître d'abord les effets de ce rayonnement sur le solvant lui-même. Or Bonèt-Maury et Lefort avaient signalé ([1]) que l'irradiation de l'eau par le polonium ne conduit pas à la formation d'eau oxygénée et que les solutions de ce réactif sont détruites en présence de ce radioélément, comportement contraire à celui du radon.

En reprenant ces expériences en vue d'une étude plus quantitative nous avons adopté un mode opératoire qui diffère sur certains points de celui des auteurs cités, notamment :

a. Le sel de polonium (sans support visible) a été toujous *dissous* dans un acide fort, afin d'avoir une distribution homogène de Po et donc des radiations au sein de la solution.

b. Aucun réactif, autre que l'acide et éventuellement l'eau oxygénée, n'a été ajouté à l'eau irradiée, la détermination de H_2O_2 formée ou détruite ayant été faite *après* l'irradiation, par cérimétrie. Des soins particuliers ont été portés à la préparation de l'eau bidistillée et de l'eau oxygénée (redistillée).

c. L'évolution des réactions radiochimiques a été suivie par dosages successifs pendant plusieurs semaines.

Les expériences ainsi réalisées montrent que les résultats varient notablement avec la nature de l'acide.

1. H_2SO_4 0,8N. — L'irradiation conduit à la formation de H_2O_2 avec un rendement qui dépend de la concentration de Po et diminue avec le temps. Avec une solution contenant 0,59 mC/cm^3(1,3.10^{-8} g Po/cm^3), le rendement initial, exprimé en nombre de molécules H_2O_2 formées par 100 éV, $G_i = 0,35$. La quantité d'eau oxygénée tend vers une valeur-limite : 32.10^{16} mol/cm^3. La même limite a été atteinte par irradiation d'une solution sulfurique contenant initialement 69.10^{16} mol/cm^3 et une quantité de Po voisine de la précédente (0,72 mC/cm^3; courbes en trait continu de la figure 1). Le rendement ionique initial de la décomposition est dans ce cas également 0,35.

Les courbes en trait discontinu de la même figure montrent que l'allure des phénomènes est encore approximativement la même avec une concentration plus faible de Po(0,16 mC/cm^3), mais la valeur limite est alors plus élevée et elle est plus rapidement atteinte. Le rendement initial de la formation, $G_i = 0,8$, n'est pas très éloigné de celui qu'on observe avec le radon ($\simeq 0,9$).

(*) Séance du 7 juillet 1952.

([1]) *Comptes rendus*, 226, 1948, p. 173.

La présence d'impuretés accidentelles a certainement une influence considérable sur les résultats, puisque avec l'eau mono-distillée nous avons observé une décomposition plus rapide de H_2O_2 et que d'une façon plus générale les courbes de décomposition présentent parfois des particularités irreproductibles.

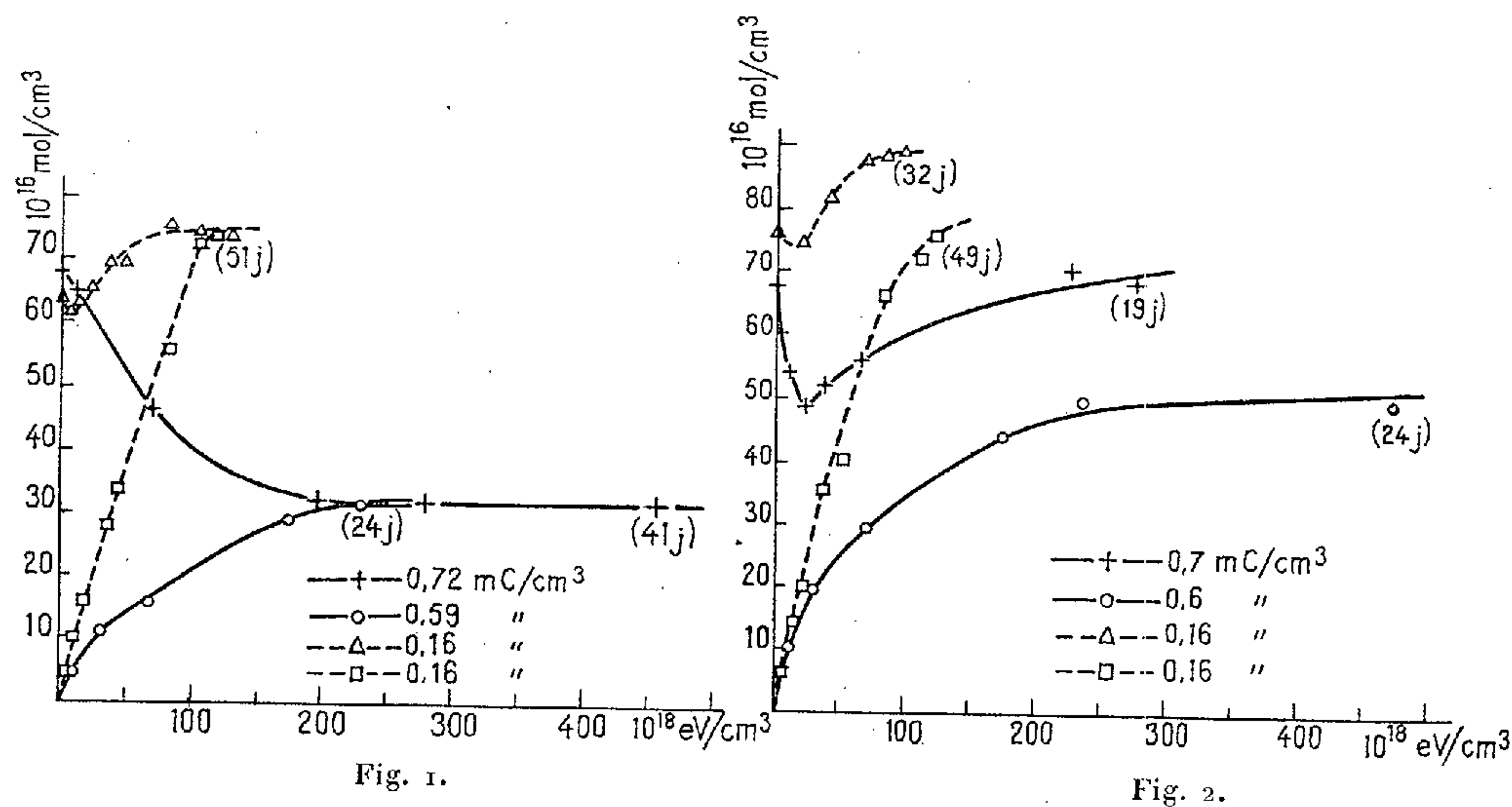


Fig. 1. Fig. 2.

Fig. 1. — Formation et décomposition de H_2O_2 en solution sulfurique.

Fig. 2. — Formation et décomposition de H_2O_2 en solution perchlorique.

2. $HClO_4$ 0,8N. — Les résultats semblent qualitativement être ici les mêmes qu'en solution sulfurique, mais ils sont moins reproductibles, étant probablement plus sensibles aux impuretés. Les courbes de la figure 2, en trait continu, ont été obtenues par irradiation avec 0,6 (formation) et 0,7 (décomposition) mC/cm³. G_i de formation $= 0,85$.

Avec une dose de Po quatre fois environ plus petite, $G_i = 0,95$ (courbe discontinue). A dose égale, les quantités limites de H_2O_2 sont plus élevées que dans H_2SO_4. Ces états stationnaires sont toutefois atteints d'une façon un peu moins nette ; surtout la décomposition de l'eau oxygénée, initialement présente, est parfois relativement rapide et dépasse largement la valeur « d'équilibre » prévue.

3. HNO_3 0,8N. — Pas de formation de H_2O_2, décomposition du réactif avec un rendement ionique initial voisin de 1,6. Des résultats analogues ont été déjà obtenus avec cet acide par l'un de nous et par Pucheault [2] par irradiation de solutions nitriques à la pile de Châtillon.

Nos expériences, qui se poursuivent, confirment ainsi le résultat principal

(2) M. Haïssinsky et J. Pucheault, *J. Chim. Phys.*, 49, 1952, p. 294.

de Bonèt-Maury et Lefort, à savoir que le comportement radiochimique de l'eau et de l'eau oxygénée soumises au rayonnement de Po est très différent de celui que l'on connaît pour l'action du radon, mais les particularités des phénomènes et leur interprétation sont bien plus complexes que les premiers essais ne le laissaient prévoir.

MÉTALLURGIE. — *Sur quelques matériaux poreux réalisés par frittage sans pression.* Note de M. **Maurice Claude**, transmise par M. Henri Béghin.

Les procédés usuels employés dans la fabrication des matériaux frittés exigent que les particules à agglomérer, préalablement amenées à une température voisine de celle correspondant à l'état « soudant », soient soumises à des pressions considérables atteignant souvent des centaines d'hectopièzes. Je suis parvenu, par l'emploi de flux de soudage courants, tels que le borax, en opérant *sous la pression atmosphérique*, à des températures *supérieures* au point de fusion de la matière en expérience, à réaliser des matériaux poreux constitués par des éléments, réguliers ou non, solidement agglomérés et, dans certains cas, véritablement soudés, ainsi que le montrent les éprouvettes utilisées dans les essais de résistance à la rupture.

Les propriétés mécaniques, physiques et chimiques de ces matériaux dépendent évidemment de la nature des éléments (aluminium, fonte, bronze, nickel, etc.), de leur granulométrie et des modalités techniques de leur agglomération. Par exemple, en chauffant rapidement, à une température dépassant leur point de fusion d'une centaine de degrés, des particules d'aluminium passant au tamis de 320 mailles au centimètre carré et refusées par le tamis de 550 mailles au centimètres carré, j'ai pu réaliser des plaques de 100 cm de long, de 40 cm de large et de 4 mm d'épaisseur, dont la limite de rupture au tirage atteint 100 hpz et dont la porosité (définie comme le rapport de la surface de passage effective à la surface apparente) est de l'ordre de 0,065. Une simple modification de la granulométrie des particules a permis d'obtenir des plaques dont les limites de rupture au tirage ont été comprises entre 50 et 150 hpz, les porosités correspondantes passant de 0,1 à 0,05 pour des épaisseurs de 4 et 5 mm.

En raison de la facilité de leur réalisation, de la possibilité de les obtenir sous telle forme désirée (plaques, tubes, coquilles, etc.) et de la variété des matériaux utilisables, ces produits poreux sont appelés à rendre des services multiples, par exemple pour la filtration des liquides, la fluidisation des poudres, les combustions superficielles, etc.

MÉTALLOGRAPHIE. — *Étude du comportement des aciers lors du soudage par la méthode des gradients croisés.* Note de M. **Henri Granjon**, présentée par M. Albert Portevin.

Pour apprécier le pouvoir trempant et, plus généralement, le comportement métallographique des aciers au cours du soudage, il est nécessaire de faire appel à une expérimentation spéciale, car les profondes différences entre le cycle thermique de soudage et celui que subissent les pièces d'acier lors des traitements thermiques industriels rendent quantitativement inapplicables (¹) les données fournies, par exemple, par les courbes isausténitiques (courbes en S) ou les courbes caractéristiques de trempe (²).

Sur la section d'une pièce d'acier à la surface de laquelle on a déposé un cordon de soudure, à l'arc électrique par exemple, considérons deux points tels que M et N de la zone dite de transformation (*voir* figure); la structure et la dureté en ces points ne sont pas les mêmes, car le métal y a atteint rapidement des températures maxima différentes à partir desquelles l'allure du refroidissement a été, elle aussi, différente. Autrement dit, l'opération de soudage crée dans la masse de la pièce *deux gradients superposés de températures maxima et de vitesses de refroidissement.* Ces gradients varient quantitativement en fonction des dimensions des pièces (notamment l'épaisseur), de leur température initiale et de l'énergie mise en jeu.

Donc, pour reproduire en un seul essai les cycles thermiques de soudage dans toute leur diversité, et pour tous les points de la zone de transformation, il faut satisfaire à trois conditions : 1° échauffement rapide; 2° gradient de température maximum; 3° gradient de vitesse de refroidissement indépendant du gradient de température, de telle sorte qu'à chaque température maximum atteinte puissent être associées plusieurs courbes de refroidissement.

Nous avons résolu ce problème en faisant appel à la méthode des gradients croisés (³) de la manière suivante : avec l'acier à étudier, on prépare un barreau cylindrique de 25 mm de diamètre et 60 mm de longueur, percé suivant son axe d'un canal de 2 mm de diamètre; le barreau, disposé verticalement, est chauffé à son extrémité inférieure par un brûleur oxyacétylénique spécial convenablement réglé. Dès l'arrêt du chauffage, une circulation d'eau froide sous pression est établie dans le canal central,

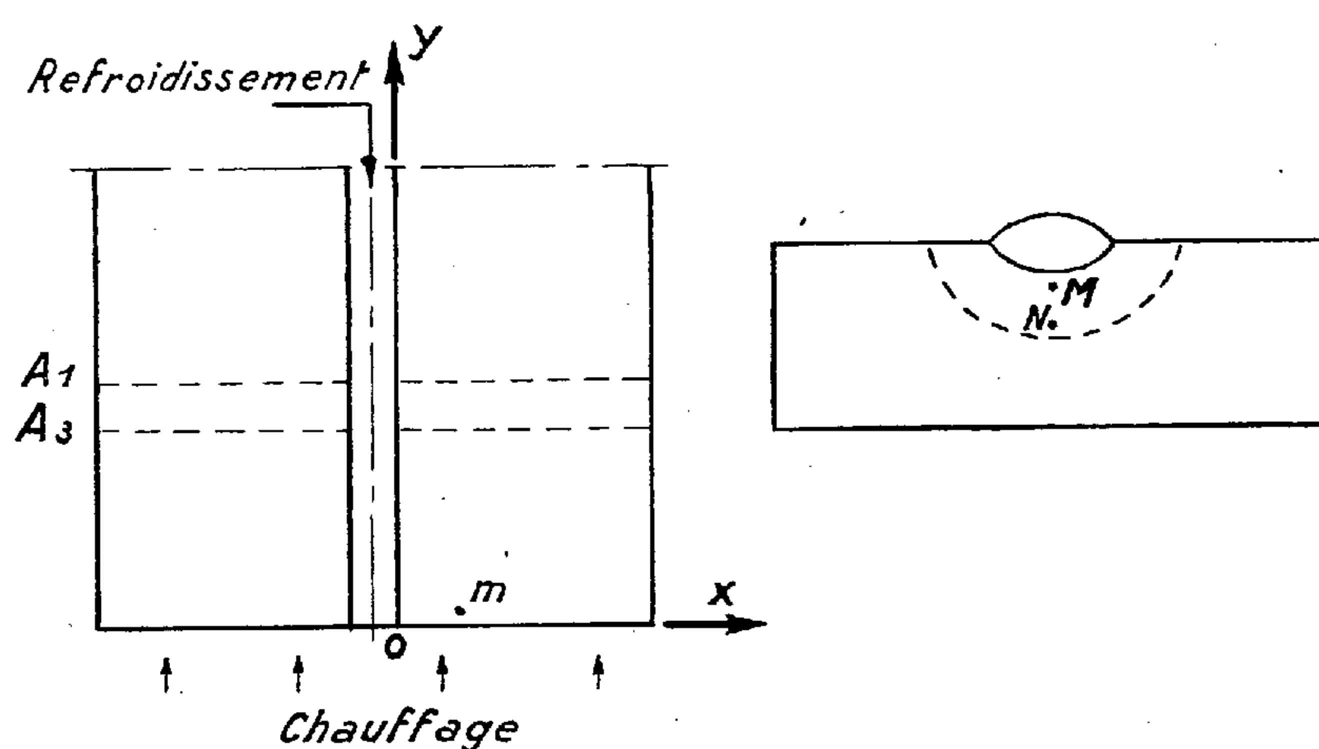
---

(¹) A. Portevin, A. Leroy et H. Granjon, *Comptes rendus*, **223**, 1946, p. 303.

(²) A. Portevin, *Chimie et Industrie*, **2**, 1919, p. 1139; A. Portevin et Chevenard, *Rev. Met.*, **18**, 1921, p. 717.

(³) A. Portevin, *Métaux*, **20**, 1945, p. 85; *Metal Progress*, 1951, p. 65.

au moyen d'un ajutage disposé à l'extrémité supérieure du barreau, ceci jusqu'à refroidissement complet. Le barreau est ensuite coupé suivant son axe, puis poli et attaqué en vue de l'exploration métallographique. Ce traitement crée un gradient de température dans le sens Oy et un gradient de vitesse de refroidissement dans le sens Ox (*voir* figure). A chaque point M de la zone de transformation voisine d'un cordon de soudure correspond un point m du barreau traité où, le cycle thermique étant identique, la structure et la dureté sont les mêmes.



La position du point m au sein du barreau dépend évidemment des conditions de soudage. Par exemple, au point M, situé au voisinage de la zone de liaison de cordons de soudure exécutés sur tôle de 10 mm en acier non allié à 0,28 % de carbone, avec des électrodes de 3,2, 4 et 6,5 mm, correspondent, sur le barreau traité pendant 1 m 30 s au moyen d'un brûleur oxyacétylénique débitant 600 l/h, en acier de même composition, des points d'ordonnée $y = 1{,}5$ mm et dont les abscisses sont respectivement : $x = 1{,}47$, 4,25 et 7,25 mm. Lorsque, pendant l'exécution du dépôt avec ces trois diamètres d'électrodes, les tôles sont refroidies à l'eau courante (pour simuler le cas du soudage sur tôles plus épaisses), ces abscisses deviennent $x = 1{,}40$, 1,84 et 3,25 mm. Une corrélation complète peut ainsi être établie, situant, au sein d'un seul barreau traité, les coordonnées des points représentatifs de la zone de transformation de soudures exécutées dans les conditions les plus variées. Cette corrélation est valable pour toutes les nuances d'acier dont la conductibilité thermique est du même ordre.

Cet essai type se substitue en quelque sorte à une série d'essais du type Jominy ([4]) puisque, pour chaque valeur de y, on peut tracer une courbe

([4]) W. E. Jominy et A. L. Boegehold, *Trans. A. S. M.*, 1938, p. 574.

de dureté $H_y = f(x)$ correspondant à la température atteinte. Il est utilisable pour l'étude du soudage par tous les procédés, si l'on fixe une durée de chauffage convenant à chacun d'eux; il est utilisable également pour l'étude des techniques connexes (trempe superficielle, oxy-coupage, rechargement); à ce point de vue, il a une portée plus générale que l'essai de fusion localisée que nous avions mis au point antérieurement ([5]). Enfin, il permet d'étudier des problèmes plus généraux d'ordre métallographique, chaque fois qu'il est nécessaire d'associer les trois variables : durée de chauffage, température maximum et vitesse de refroidissement.

CHIMIE ORGANIQUE. — *Sur quelques nouvelles thiosemicarbazones.*

Note de M. **Georges Tsatsas**, présentée par M. Gabriel Bertrand.

L'auteur décrit une méthode de préparation de certaines thiosemicarbazones, difficiles à obtenir par les procédés décrits jusqu'à présent. Il prépare ainsi un certain nombre de thiosemicarbazones de cétones appartenant aussi bien à la série aromatique que hétérocyclique.

Depuis les recherches de Domagk ([1]) sur les thiosemicarbazones, recherches qui ont permis de découvrir les intéressantes propriétés antituberculeuses de la *p*-acétyl-aminobenzaldéhyde-thiosemicarbazone, de nombreux travaux ont été publiés dans ce domaine. Citons, parmi les plus récents, ceux de Chabrier et Cattelain ([2]), de Ledrut et Combes ([3]), de R. Fusco et collaborateurs ([4]), etc.

Dans la présente Note, je décrirai la synthèse de quelques nouvelles thiosemicarbazones de cétones appartenant aussi bien à la série aromatique et cyclanique qu'à la série hétérocyclique. Certaines de ces cétones étant des bases hétérocycliques, on pourrait ainsi obtenir des sels solubles de leurs thiosemicarbazones. D'autre part, la plupart de ces cétones présentant un certain encombrement stérique, il était intéressant d'étudier le mode de préparation de leurs thiosemicarbazones. La méthode décrite dans la plupart des travaux précités consiste à chauffer pendant un court moment les quantités équimoléculaires de cétone et de thiosemicarbazide en solution alcoolique et en présence d'une petite quantité d'acide acétique. Or, ce mode opératoire, dans la plupart des cas que j'ai étudiés ne m'a pas donné de résultats satisfaisants. C'est ainsi que j'ai

---

([5]) H. Granjon, *Comptes rendus*, 223, 1946, p. 350.

([1]) Domagk, Bennisch, Mietzch et Schmidt, *Naturwissenschaften*, 10, 1946, p. 315.

([2]) *Bull. Soc. Chim.*, 5e série, 17, 1950, p. 48.

([3]) *Bull. Soc. Chim.*, 5e série, 19, 1952, p. 238.

([4]) R. Fusco, S. Rossi, G. Montegazza et R. Tommasini, *Ann. chim. Ital.*, 42, 1952, p. 94.

obtenu par ce procédé la thiosemicarbazone de la triméthylacétophénone, mais il a fallu prolonger le chauffage pendant 15 h. Par contre, la papavéraldine et les autres bases benzoyl-1 isoquinoléiques, soit en milieu acétique, soit en milieu alcalin, soit en absence de catalyseur, et même en présence d'un petit excès de réactif, n'ont fourni aucune trace de thiosemicarbazone, même après un chauffage de 24 h.

La méthode que j'ai mise au point et qui m'a donné de bons résultats est la suivante :

Un mélange de 1 mol de cétone, de 2 mol de thiosemicarbazide et de 2 mol de chlorhydrate de thiosemicarbazide est chauffé à l'ébullition en solution alcoolique durant un temps qui varie de 5 à 25 h, suivant le cas. Après refroidissement, l'excès de thiosemicarbazide précipite et il est éliminé par essorage. On ajoute alors de l'eau à la solution alcoolique et on recristalise la thiosemicarbazone précipitée dans un solvant approprié (alcool à 95° ou aqueux, benzène). Dans le cas des bases hétérocycliques la précipitation de la thiosemicarbazone par l'eau est incomplète, une partie restant en solution sous forme de chlorhydrate. Dans ce cas, il est nécessaire d'alcaliniser la solution hydra-alcoolique avec du carbonate de sodium. Si la thiosemicarbazone formée est peu soluble dans l'alcool comme c'est le cas pour la papavéraldine, on élimine la thiosemicarbazide qui est cristallisée en même temps que la thiosemicarbazone, par ébullition dans l'eau dans laquelle la première est soluble; on recristallise ensuite la thiosemicarbazone.

J'ai ainsi préparé les thiosemicarbazones des cétones suivantes : triméthylacétophénone, poudre blanche (alcool aqueux) F 189° ([5]) (Rdt 90 %) des oxybenzoine, fines aiguilles blanches (alcool) F 155° (Rdt 95,5 %) isobutyryl-1 méthoxy-4 naphtalène, poudre cristalline blanche (alcool) F 211° (Rdt quantitatif) triméthylacéto-1 méthoxy-4 naphtalène, poudre cristalline blanche (benzène) F 228° (Rdt 60 % après 25 h de chauffage), oxo-1-tétrahydro-1.2.3.4-phénanthrène, fines aiguilles légèrement jaunes (benzène) F 247° (Rdt 98,5 %) méthylbenzyl-α naphtylcétone, poudre blanche (benzène) F 167° (Rdt 90 %) méthyl-3 décalone-2-trans, poudre blanche (benzène) F 201° (Rdt 75 %) diméthyl-2.5 triméthylacéto-3 pyrrol, fines aiguilles brillantes, légèrement colorées (alcool aqueux) F 224,5° (Rdt quantitatif) triméthylacéto-2 pyridine gros cristaux (alcool aqueux) F 173° (Rdt 94 %) acétyl-3 indol, grosses aiguilles (alcool aqueux) F 194° (Rdt 75 %) isobutyryl-3-indol, feuillets blancs (alcool aqueux) F 241° (Rdt 70 %) acétyl-2-benzofurane, fines aiguilles jaune clair (alcool) F 197° (Rdt 96,5 %) acétyl-1 isoquinoléine, aiguilles greiges (alcool) F 220°

([5]) Les thiosemicarbazones se décomposant par le chauffage, les points de fusion indiqués ont été pris instantanément par projection sur le bloc Maquenne.

(Rdt 90 %) papavéraldine, fines aiguilles jaune citron (alcool) F 230° (Rdt quasi quantitatif) (diméthoxy-3.4 benzoyl)-1 diéthoxy-5.6 isoquinoléine, fines aiguilles légèrement jaunes (alcool aqueux) F 224° (Rdt 92 %) (diméthoxy-2.3 benzoyl)-1 diméthoxy-6.7 isoquinoléine, poudre cristalline, jaunâtre (alcool) F 227° (Rdt 92 %).

CHIMIE ORGANIQUE. — *Quelques réactions de réduction par l'hydrure d'aluminium et de lithium en série alicyclique.* Note (*) de MM. **Max Mousseron**, **Robert Jacquier**, Mme **Magdeleine Mousseron-Canet** et M. **Robert Zagdoun**, présentée par M. Marcel Delépine.

La réduction de différents types de substances alicycliques (époxydes, amides, nitriles, dérivés carbonylés) par $AlLiH_4$ nous a permis de préciser les différents modes d'action de ce réactif.

Époxydes. — La réduction s'effectue selon le mécanisme de Nystrom et Brown (1). Le méthyl-1 époxy-1.2 cyclohexane et l'époxyméthènecyclohexane conduisent au méthyl-1 cyclohexanol. L'(époxy-1.1, éthyl)-1 cyclohexane donne le méthylcyclohexylcarbinol, identifié par oxydation sulfochromique en éthylonecyclohexane (dinitro-2.4 phénylhydrazone F 136°). L'éthoxy-1 époxy-2.3 cyclohexane est réduit en éthoxy-2 cyclohexanol *trans* (dinitro-3.5 benzoate F 82-3°), et le chloro-1 époxy-2.3 cyclohexane (2) en chloro-2 cyclohexanol *cis*, accompagné d'une faible quantité de cyclohexanol. Avec le chloro-1 époxy-1.2 cyclohexane (2), on assiste à une double ouverture du pont époxydique : l'attaque de H^- sur le carbone tertiaire donne avec inversion de Walden le chloro-2 cyclohexanol *cis*; l'attaque sur le carbone secondaire, qui prédomine, conduit transitoirement à une gem-halohydrine, donnant finalement du cyclohexanol. Avec l'acétoxy-1 époxy-1.2 cyclohexane (2), on isole un mélange de cyclohexanediols-1.2 riche en isomère *cis*. Enfin, le N-diméthylamino-1 époxy-1.2 cyclohexane (3) conduit au N-diméthylamino-2 cyclohexanol *trans* (picrate F 143-144°), également obtenu en réduisant par l'hydrure la N-diméthylamino-2 cyclohexanone (3).

Amides. — La réduction de l'amide pipéridinique $É_5$ 150-155° de l'acide cyclohexanecarboxylique au moyen d'une quantité équimoléculaire d'hydrure à 20° donne l'hexahydrobenzylpipéridine, picrate F 147-148° (4). Par réduction inverse à — 15° avec un défaut d'hydrure, selon Smith et Rogier (5), il y a

(*) Séance du 30 juin 1952.

(1) *J. Am. Chem. Soc.*, 71, 1949, p. 1675.

(2) Mousseron et Jacquier, *Bull. Soc. Chim.*, 17, 1950, p. 660.

(3) Mousseron, Jullien et Mlle Canet, *Comptes rendus*, 231, 1950, p. 479.

(4) King, *J. Chem. Soc.*, 1951, p. 898.

(5) *J. Am. Chem. Soc.*, 73, 1951, p. 4047.

formation (Rdt 85 %) de méthylalcyclohexane (dinitro-2.4 phénylhydrazone F 170-171°). Le même aldéhyde est encore obtenu (Rdt 40-45 %) lorsqu'on traite d'une façon identique les amides préparés à partir de la dibutylamine et de la N-méthylaniline. Par contre, les amides N-monométhylé et N-diméthylé restent pratiquement inaltérés.

L'aldéhyde benzoïque est également isolé (Rdt 30 %) par réduction inverse de la N-benzoylpipéridine; la réduction directe de cette dernière à 20° avec des quantités équimoléculaires d'amide et d'hydrure conduit normalement à la N-benzylpipéridine, picrate F 179° (4). De même, le N-diéthylbenzamide donne uniquement la N-diéthylbenzylamine (picrate F 120-121°), sans trace d'alcool benzylique [*cf.* (6)].

D'une façon identique, la réduction inverse à — 15° de l'amide pipéridinique $É_5$ 150-153° de l'acide cyclohexène-1 carboxylique donne (Rdt 75 %) le méthylal-1 cyclohexène (dinitro-2.4 phénylhydrazone F 214-215°) et la réduction directe conduit au N-pipéridinaminométhyl-1 cyclohexène, picrate F 155-156° (4).

Nitriles. — Le cyano-1 époxy-1.2 cyclohexane est transformé en aminométhyl-1 cyclohexanol. Le cyano-2 cyclohexanol *trans* et la cyano-2 cyclohexanone donnent l'aminométhyl-2 cyclohexanol *trans* (7).

La réduction du cyano-1 cyclohexène à la température ambiante avec un excès d'hydrure permet d'isoler l'aminométhylcyclohexane (picrate F 185°). Même la réduction inverse à —15° avec un défaut d'hydrure [*cf.* (6)] provoque la saturation de la double liaison, avec formation de méthylalcyclohexane.

Dérivés carbonylés. — La cyclohexène-1 one-3 et la méthyl-1 cyclohexène-1 one-3 sont respectivement réduites en cyclohexène-1 ol-3 (phényluréthanne F 107-108°) et en méthyl-1 cyclohexène-1 ol-3, $É_{20}$ 83-85°, identifié par oxydation sulfochromique en la cyclénone correspondante (dinitro- 2.4 phénylhydrazone F 170-171°).

Dans le cas de l'éthylone-1 cyclohexène, la réduction directe à 20° donne un mélange des alcools éthylénique et saturé correspondants, avec prédominance de ce dernier; leur identification est réalisée par oxydation sulfochromique et fractionnement des dinitro-2.4 phénylhydrazones de l'éthylone-1 cyclohexène F 201-203° et de l'éthylonecyclohexane F 135-136°. L'addition inverse d'un défaut d'hydrure à —10° donne le même mélange d'alcools, mais avec renversement de leurs proportions respectives [*cf.* (8)].

La réduction de l'éthylone-1 cyclohexène par l'isopropylate d'aluminium

---

(6) NYSTROM et BROWN, *J. Am. Chem. Soc.*, 70, 1948, p. 3738.
(7) MOUSSERON, JULLIEN et WINTERNITZ, *Bull. Soc. Chim.*, 15, 1948, p. 878.
(8) HOCHSTEIN et BROWN, *J. Am. Chem. Soc.*, 70, 1948, p. 3484.

s'effectue également avec saturation partielle de la double liaison, ce qui constitue le premier exemple d'une addition 1.4 provoquée par un alcoolate d'aluminium [*cf.* (9)].

CHIMIE ORGANIQUE. — *Les constituants triterpéniques de la résine d'*Andryala canariensis : *taraxastérol et hétérolupéol.* Note de M. **Michel Vilkas**, présentée par M. Marcel Delépine.

L'*Andryala canariensis* est une plante de la famille des Composées se présentant sous forme de touffes de 1 m de haut environ, particulièrement abondantes dans la région de Mogador, au Maroc. La piqûre d'un insecte encore indéterminé provoque dans la région du collet un écoulement de latex pauvre en caoutchouc, mais riche en résines extractibles au méthanol. C'est cette fraction résineuse, fournie par l'Institut français du Caoutchouc, que nous avons étudiée en vue de la détermination de ses constituants.

L'extrait méthylique, une résine amorphe brun rougeâtre, est saponifié par la potasse alcoolique (6 h à reflux) et chromatographié sur 30 fois son poids d'alumine (III), dans le mélange benzène-éther de pétrole (1 : 1). L'élution par le même mélange fournit une première fraction résineuse, puis un magma cristallin recristallisé dans l'éthanol en aiguilles, F 175-180°. Après acétylation pyridinée, on obtient, par cristallisation directe à partir du mélange acétylant, des paillettes, $C_{32}H_{52}O_2$, F 256-258°, $[\alpha]_{578}+100°$, après deux recristallisations dans le mélange alcool-acétate d'éthyle (1); Rdt 2,9 % par rapport à l'extrait méthylique. Par saponification on passe à l'alcool correspondant, $C_{30}H_{50}O$, dont les constantes, ainsi que celles de ses autres dérivés, l'identifient au taraxastérol, un alcool triterpénique à une double liaison isolé par plusieurs auteurs dans d'autres plantes, principalement de la famille des Composées (2) à (5). Le point de fusion du taraxastérol n'est pas déprimé par mélange avec un échantillon authentique dû à M. O. Jeger. Les deux spectres infrarouge sont identiques.

Le résidu des eaux-mères de cristallisation de l'acétate de taraxastéryle ne fournit plus aucun composé défini. Mais après traitement par une solution alcoolique d'acide sulfurique à 10 % pendant 5 h au bain-marie, on peut isoler par chromatographie et recristallisation dans le méthanol des aiguilles,

(9) Lutz et Gillespie, *J. Am. Chem. Soc.*, **72**, 1950, p. 344.

(1) Points de fusion corrigés, sous vide. Pouvoirs rotatoires pris dans le chloroforme, $c = 0,6$ à 1,2 % pour la raie jaune du mercure. Analyses exactes à moins de 0,2 % près.

(2) S. Burrows et J. C. E. Simpson *J. Chem. Soc.*, 1938, p. 2042.

(3) J. C. E Simpson, *J. Chem, Soc.* 1944, p. 283.

(4) G. Lardelli et O. Jeger, *Helv. Chim. Acta.*, 31, 1948, p. 813.

(5) D. W. Haines et F. L Warren, *J. Chem. Soc.*, 1949, p. 2554.

$C_{30}H_{50}O$, F 220-221°, $[\alpha]_j$ + 48° Rdt 1 % par rapport à l'extrait méthylique de départ. Le même traitement appliqué au taraxastérol pur donne le même produit d'isomérisation identifié par Ruzicka et coll. (6) avec l'hétéro-lupéol et que nous avons caractérisé par ses dérivés usuels. La nature de l'isomérie consiste en un déplacement de la double liaison. Il n'est toutefois pas possible de préciser si l'hétéro-lupéol préexiste dans la résine ou s'il se forme au cours du traitement acide à partir d'un reste de taraxastérol ou d'un autre alcool triterpénique.

Il semble d'ailleurs que l'hétéro-lupéol s'identifie avec le ψ-taraxastérol isolé par Burrows et Simpson à côté du taraxastérol dans les racines de dent-de-lion (2) et par Morice et Simpson (7) dans l'élémi de Manille.

	Alcool.		Acétate.		Benzoate.	
	F.	$[\alpha]_j$.	F.	$[\alpha]_j$.	F.	$[\alpha]_j$.
1. Taraxastérol	226–227°	+96°	256–257°	+101°	242–244°	+110°
2. Notre produit.........	226–227	+96,5	256–258	+100	260–262	+111
3. Hétérolupéol.........	217–219	+50	240–241	–	–	–
4. Notre produit.........	220–221	+48	246–247	+56	288–289	+71,5
5. ψ-Taraxastérol (8).....	218–219	+48	237–239	+53	280–282	+68

	p-nitro-benzoate.		Cétone (9).		Oxime.		Carbure (10).	
	F.	$[\alpha]_j$.	F.	$[\alpha]_j$.	F.	$[\alpha]_j$.	F.	$[\alpha]_j$.
1.........	277–278°	+98°	184–184°,5	+147° (5) +110° (4)	266–267°	+96°	–	–
2.........	279–280	+98	184–185	+132	261–262	–	–	–
3.........	–	–	–	–	–	–	181–182°	+48°
4.........	285–286 (déc.)	+68	169–171	+77	265–266	–	182–183	+48
5.........	–	–	–	–	–	–	–	–

CHIMIE ORGANIQUE. — *Contribution à l'étude des peptides de la dl-valine* (II). Note de M. **Jefferson W. Davis**, présentée par M. Marcel Delépine.

Dans une Note précédente (1), j'ai signalé qu'au cours d'une étude faite sur les peptides de la dl-valine, j'ai réussi la synthèse d'un certain nombre

(6) G. Lardelli, H. K. Krusi, O. Jeger et L. Ruzicka, *Helv. Chim. Acta*, 31, 1948, p. 1815.

(7) I. M. Morice et J. C. E. Simpson, *J. Chem. Soc.*, 1940, p. 795.

(8) Points de fusion non corrigés.

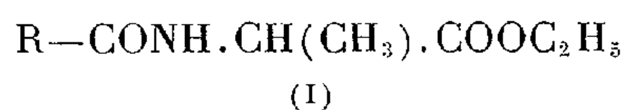
(9) Par oxydation acétochromique à froid de l'alcool.

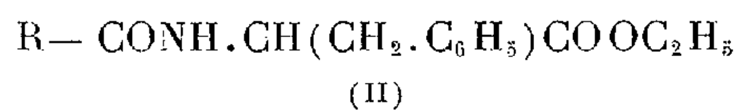
(10) « Hétérolupène », préparé à partir de la bétuline par O. Jeger, H. K. Krusi et L. Ruzicka, *Helv. Chim. Acta*. 30, 1947, p. 1048 et par nous par réduction Wolff-Kishner de la cétone.

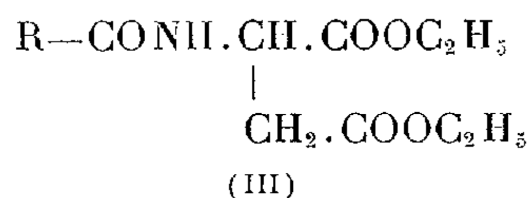
(1) *Comptes rendus*, 234, 1952, p. 1183.

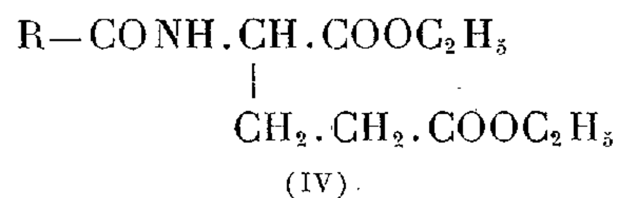
d'éther-sels carbobenzyloxylés de ces derniers, qui par saponification douce conduisent aux dipeptides carbobenzyloxylés correspondants.

Poursuivant ces travaux et en me servant de la même méthode décrite précédemment, j'ai complété la série déjà étudiée par : (I) l'éther éthylique de la N-carbobenzyloxyvalylalanine F 113° (alcool) Rdt 86 % ; (II) l'éther éthylique de la N-carbobenzyloxyvalylphénylalanine F 123° (alc. dil.) Rdt 80 % ; (III) l'ether diéthylique de l'acide N-carbobenzyloxyvalylaspartique (rac.) F 96° (éther-lig.) Rdt 61 % ; et (IV) l'éther diéthylique de l'acide N-carbobenzyloxyvalyl-*d*-glutamique F 106° (alc. dil.), Rdt 61 % ; et (IV) l'éther diéthylique de l'acide N-carbobenzyloxyvalyl-*d*-glutamique F 106° (alc. dil.), Rdt 58 %. $[\alpha]_D^{27°} + 18°,50$.

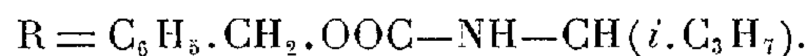

$R-CONH.CH(CH_3).COOC_2H_5$ (I)


$R-CONH.CH(CH_2.C_6H_5)COOC_2H_5$ (II)


$R-CONH.CH(CH_2.COOC_2H_5).COOC_2H_5$ (III)


$R-CONH.CH(CH_2.CH_2.COOC_2H_5).COOC_2H_5$ (IV)

où


$$R = C_6H_5.CH_2.OOC-NH-CH(i.C_3H_7).$$

Par saponification sélective ([1]) de (I), (II) et (III) j'ai obtenu : la N-carbobenzyloxyvalylalanine F 165° (eth.-lig.) Rdt 82 %, la N-carbobenzyloxylvalylphénylalanine F 142° (eth.-lig.) Rdt 80 % et l'acide N-carbobenzyloxylvalyl aspartique F 113° (eth.-lig.) Rdt 70 %.

Pour obtenir les dipeptides mêmes à partir de leurs dérivés N-carbobenzyloxylés, je me suis servi de la méthode de Bergmann et Zervas ([2]) qui consiste à hydrogéner ces composés au moyen de noir de Palladium au sein du xylène bouillant. Les rendements sont presque quantitatifs. J'ai obtenu ainsi : 1° la valylvaline F 253-254° (alcool) ; 2° la valylphénylalanine F 242-243° (alcool méth. dil.) ; 3° la valylleucine F 266° (alcool) ; 4° la valylnorleucine F 275° (alcool) ; 5° la valylglycine F 250-251° (alcool) et 6° la valylalanine F 234° (alcool). Ces deux derniers dipeptides avaient déjà été préparés par d'autres auteurs ([3]) mais d'une manière différente.

En condensant quelques N-carbobenzyloxydipeptides avec les éthers de certains aminoacides selon les indications de Boissonnas ([4]) j'ai pu obtenir les éthers éthyliques des N-carbobenzyloxytripeptides suivants : (I) N-carbobenzyloxyvalylvalylvaline F 203° (alc. dil.) Rdt 48 % ; (II) N-carbobenzyloxyvalylleucylglycine F 127° (alc. dil.) Rdt 66 % ; (III) N-carbobenzyloxyvalyl-

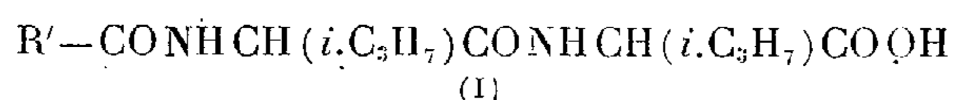
---

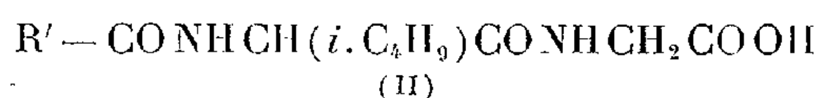
([2]) *Ber.*, 65, 1932, p. 1192.

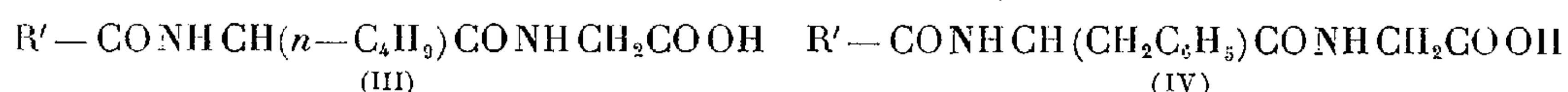
([3]) E. FISCHER et SCHENKEL, A. 354, 14, 18.

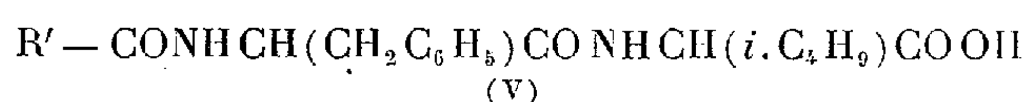
([4]) *Helv. Chim. Acta*, 34, 1951, p. 874.

norleucylglycine F 156° (alc. dil.) Rdt 69 % ; (IV) N-carbobenzyloxyvalylphénylalanylglycine F 156-157° (alc. dil.) Rdt 72-73 % ; (V) N-carbobenzyloxyvalylphénylalanylleucine F 153° (alc. dil.) Rdt 58 %.











Au cours de la préparation des peptides de la valine on rencontre une difficulté majeure, leur purification. Cette difficulté, cependant, paraît être bien moins prononcée lorsqu'on se sert de la méthode de Boissonnas, plutôt que des autres méthodes classiques ou récentes.

Les travaux en vue de préparer les acides et les tripeptides correspondants aux éther-sels ci-dessus mentionnés et la préparation de quelques polypeptides de la valine, optiquement actifs, sont en cours.

CHIMIE ORGANIQUE. — *Les deux céto-bis (phényléthyl)-9.10 anthracènes.* Note de M. **Guy Rio**, présentée par M. Charles Dufraisse.

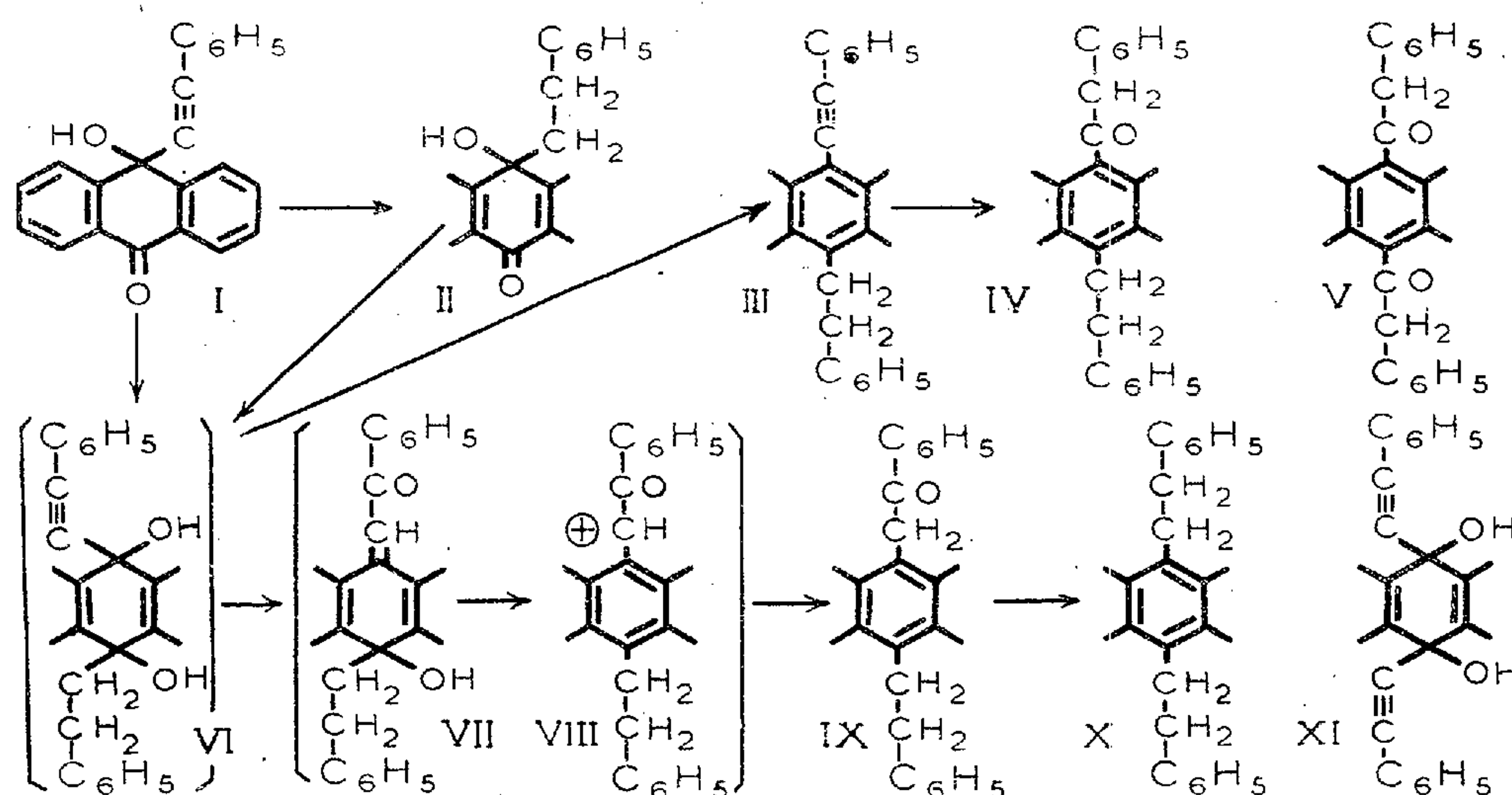
Préparation du phényléthynyl-9 phényléthyl-10 anthracène par réduction du diquinol correspondant, obtenu à partir de la phényléthynyloxanthrone, ou de la phényléthyloxanthrone. Hydratation de cet hydrocarbure en phénylacétyl-9 phényléthyl-10 anthracène. Réduction, avec transposition anionotropique, du diquinol ci-dessus en phénacyl-9 phényléthyl-10 anthracène.

Deux monocétones isomères dérivent théoriquement du *bis* (phényléthyl)-9.10 anthracène, X, déjà décrit ([1]), ce sont, respectivement : le phénylacétyl-9 phényléthyl-10 anthracène, IV, et le phénacyl-9 phényléthyl-10 anthracène, IX. Dans la préparation qui en a été réalisée, toutes deux se sont trouvées apparentées à un hydrocarbure qui n'avait été que mentionné dans la Note antérieure ([1]) : le phényléthynyl-9 phényléthyl-10 anthracène, III.

Ce corps provient, indifféremment, des deux oxanthrones I et II, monoquinols transformés, l'un et l'autre, par le magnésien correspondant, en un diquinol unique, VI, qui n'a pas été isolé, mais qui est, comme on va le voir, l'intermédiaire commun de l'accés aux deux cétones IV et IX.

([1]) G. Rio, *Comptes rendus*, 232, 1951, p. 1492.

Les oxanthrones I et II, matières premières de cette partie du travail, s'obtiennent elles-mêmes par les voies classiques. La première, la phényléthynyloxanthrone, I ($C_{22}H_{14}O_2$, F 200-201°), terme de passage de la phényléthynylation de l'anthraquinone en diquinol diacétylénique, XI, déjà décrit ([2]), s'obtient au mieux en utilisant comme réactif le phénylacétylure de sodium. La seconde, la phényléthyloxanthrone, II ($C_{22}H_{18}O_2$, F 184-185°), est préparée par la méthode habituelle d'alcoylation de l'oxanthrone simple, c'est-à-dire par condensation en milieu alcalin avec le chlorure ou le bromure de phényléthyle. Elle résulte aussi de l'hydrogénation catalytique (Ni Raney, Pd) de la première, I, avec saturation complète de la triple liaison.



L'hydrocarbure III est obtenu, de manière rapide et avec un bon rendement, en traitant le diquinol VI par l'acide iodhydrique aqueux, à température ordinaire. C'est un corps jaune, de formule $C_{30}H_{22}$, à double fusion (191-192° et 198-199°), qui présente une forte fluorescence, violette en solutions diluées, verte aux concentrations plus élevées.

L'une des deux cétones, le phénylacétyl-9 phényléthyl-10 anthracène, IV, est préparée en hydratant la triple liaison de l'hydrocarbure monoacétylénique III par l'acide sulfurique en milieu acétique; cette cétone, $C_{30}H_{24}O$, F 177-178°, est jaune clair, non fluorescente en solution, présente un atome d'hydrogène mobile (Zerewitinoff) et s'énolise facilement sous l'action de la potasse méthylique, avec coloration jaune orangé; elle ne donne pas d'oxime.

L'autre cétone, le phénacyl-9 phényléthyl-10 anthracène, IX, se forme, à côté de l'hydrocarbure III, à partir du diquinol VI par transposition avec réduction. Chose singulière, cette réaction, dont nous allons envisager le

([2]) Ch. Dufraisse, J. Mathieu et G. Rio, *Comptes rendus*, 227, 1948, p. 937.

mécanisme, est produite par le mélange réducteur d'iodure et d'hypophosphite alcalins en acide acétique, habituellement utilisé au laboratoire pour la réduction pure et simple des diquinols acéniques, réactif qui aurait dû donner exclusivement l'hydrocarbure acétylénique III; il a d'ailleurs été spécifié, pour la préparation de celui-ci, que le réactif réducteur convenable était l'acide iodhydrique aqueux. Cette nouvelle cétone cristallise en aiguilles jaune clair, F 224-225°; elle n'est pas fluorescente en solution, ne possède pas d'hydrogène mobile et, si elle se colore avec la potasse méthylique en jaune orangé, c'est plus difficilement que son isomère. Elle donne une oxime jaune ($C_{30}H_{25}ON$, F 227-228°), et elle est réduite en *bis*(phényléthyl)-9, 10 anthracène, X, par le procédé de Huang-Minlon.

La constitution de ces deux cétones isomères, IV et IX, découle de l'analogie qui existe entre la première, IV, avec le *bis* (phénylacétyl)-9, 10 anthracène, V, déjà décrit ([3]), et dont la structure est bien déterminée. Ces deux dernières cétones, IV et V, sont très proches, tant au point de vue de leurs modes de formation (hydratation d'acétyléniques) que de leurs propriétés (forme cristalline, facile énolisation, faible réactivité du carbonyle).

Par rapport aux cétones IV et V, le deuxième isomère, IX, a un carbonyle moins encombré stériquement, donc plus réactif (puisqu'il forme une oxime), mais ce carbonyle est plus éloigné du noyau anthracénique, ce qui diminue la tendance à l'énolisation.

La formation inattendue de la cétone IX, à partir du diquinol VI, peut être expliquée à l'aide d'un mécanisme relevant du principe de migrations transannulaires que j'ai précédemment appliqué à d'autres réactions d'apparences anormales de certains dérivés anthracéniques ([1]), ([3]). Il y aurait d'abord isomérisation normale de la fonction alcool acétylénique en cétone éthylénique ([4]), VII, puis transposition anionotropique transannulaire 1,5 en un cétol (ou plutôt en cation correspondant) VIII, enfin réduction de ce dernier en cétone IX ([5]). Le réducteur utilisé (KI) n'interviendrait donc qu'à la dernière des trois réactions ci-dessus, les deux premières étant vraisemblablement catalysées par l'acidité du milieu. Un fait expérimental milite en faveur de cette théorie, c'est qu'un traitement préalable par l'acide acétique seul, avant l'addition de KI, permet d'obtenir, avec un rendement convenable, la cétone sensiblement exempte d'hydrocarbure III. Par contre, la présence de KI au début de la réaction conduit à un mélange constitué surtout par III, la réduction du type habituel du diquinol en hydrocarbure, qui est ici très facile, étant alors favorisée.

([3]) G. Rio, *Comptes rendus*, 231, 1950, p. 781.

([4]) K. H. Meyer et K. Schuster, *Ber.*, 55, 1922, p. 819, Ch. Moureu, Ch. Dufraisse et C. Mackall, *Bull. Soc. Chim*, 33, 1923, p. 933.

([5]) Les cétones α halogénées sont effectivement réduites en cétones par KI + HCl.

CHIMIE ORGANIQUE. — *Action du chlorure de nitrosyle sur les hydrocarbures acétyléniques.* Note de MM. **Roger Perrot** et **Raoul Berger**, présentée par M. Louis Hackspill.

Une étude générale ne semble pas avoir été faite jusqu'à présent ([1]). Nous résumons les résultats obtenus avec le phénylacétylène et quelques uns de ses produits de substitution et homologues dans des domaines de températures pas trop éloignés de la température ordinaire. NOCl se comporte comme un agent de chloruration et de nitration donnant naissance à des chloronitrostyrolènes.

D'une façon générale les composés acétyléniques réagissent moins facilement avec NOCl que les éthyléniques correspondants. Alors que le styrolène réagit vivement à température ordinaire en même temps qu'il se dégage de l'azote, la durée de la réaction est d'environ 2 à 3 jours dans le cas du phénylacétylène entre 0 et 20° et de plusieurs semaines pour les nitrophénylacétylènes. A basse température le styrolène forme un nitrosochlorure; ce n'est pas le cas pour le phénylacétylène.

Nous avons le plus souvent conduit nos expériences en l'absence du solvant, dans des récipients scellés sous vide, en engageant une à deux moles de NOCl par mole de carbure. Au cours de la réaction il apparaît de l'azote dont la quantité correspond à environ 45 à 50 % de l'azote de NOCl, et un peu de NO. Dans le cas du phénylacétylène (P. A.) le produit de réaction est un liquide jaune orangé, lacrymogène, partiellement entraînable à la vapeur et perdant HCl à la distillation. Par distillation sous pression réduite nous avons isolé de l'α-β dichlorostyrolène, du trichlorostyrolène et un produit solide fondant à 55-56° (ligroïne) E_{13} 127-129° de formule $C_8H_6ClNO_2$ (analyse et cryoscopie). L'eau à 200° ou KOH alcoolique chaude l'hydrolysent en acide benzoïque. L'hydrogénation au nickel Raney ou mieux à l'aluminohydrure de lithium conduit à la β-phényléthylamine. La potasse alcoolique diluée et froide engendre de l'ω-nitroacétophénone. Ces résultats montrent que le produit étudié est l'α-chloro β-nitrostyrolène $C_6H_5-CCl=CHNO_2$ bien différent du chloronitrostyrolène ([2]) $C_6H_5-CH=CClNO_2$ préparé par action du chlore sur l'ω-nitrostyrolène. Notre produit ne fixe ni le chlore ni le brome. Son principal intérêt réside dans la grande réactivité de son atome de chlore comme le montrent les exemples suivants :

1° Les alcoolates donnent les cétals de l'ω-nitroacétophénone.

2° Les thiocyanates, sélénocyanates, mercaptides et thiophénates donnent

---

([1]) Le tolane est transformé partiellement en chlorure de benzoyle avec formation d'azote à 180°. R. Perrot, *Comptes rendus*, 206, 1938, p. 1575.

([2]) B. Priebs, *Liebigs Ann.*, 225, 1884, p. 345; J. Thiele et Haeckel, *ibid.*, 325, 1902, p. 10.

des dérivés du type $C_6H_5—CX=CHNO_2$ ($X=SCN$, F 89°; SeCN, F 93°; $S—CH_2—C_6H_5$, F 92°; $S—C_6H_4—CH_3—p$, F 101°).

3° Avec les amines primaires, le chloronitrostyrolène réagit aisément :

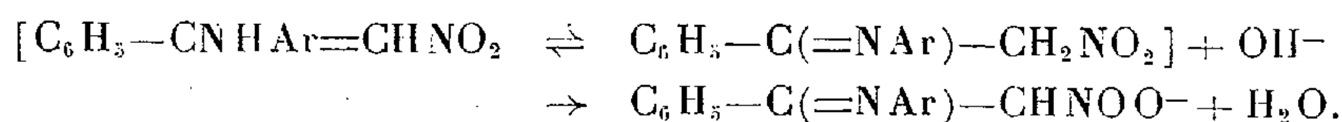


$$C_6H_5—CCl=CHNO_2 + 2RNH_2 \rightarrow C_6H_5—CNHR=CHNO_2 + RNH_3^+Cl^-.$$

Les composés obtenus sont jaunes et solubles dans la soude s'ils dérivent d'amines aromatiques; ils sont presque incolores et insolubles dans la soude 2N s'ils dérivent d'amines de type non aromatique.

4° Les amines aromatiques secondaires réagissent plus difficilement ou pas du tout. La monométhylaniline donne un produit jaune pâle insoluble dans la soude diluée.

La solubilité dans la soude s'explique par le schéma suivant :



$$[C_6H_5—CNHAr=CHNO_2 \rightleftharpoons C_6H_5—C(=NAr)—CH_2NO_2] + OH^-$$
$$\rightarrow C_6H_5—C(=NAr)—CHNOO^- + H_2O.$$

Ces produits peuvent être considérés comme les aniles de l'ω-nitroacétophénone à partir de laquelle on peut les obtenir par action des amines aromatiques primaires en présence d'acide acétique.

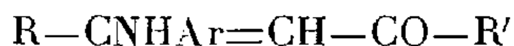
Les produits dérivant d'amines secondaires ne possèdent plus d'atome d'hydrogène à l'azote et ne peuvent s'isomériser, d'où leur insolubilité dans la soude et leur coloration plus faible.

L'insolubilité dans la soude des produits dérivant d'amines primaires à caractère non aromatique est explicable si l'on admet que dans ces molécules la forme énamine est la seule stable ([3]). Ce ne serait donc que pour les produits dérivant de bases faibles (amines aromatiques par exemple) que la migration protonique pourrait se faire.

Dérivés aminés préparés à partir du chloronitrostyrolène et des bases suivantes : aniline F 127°; toluidine ortho F 159-160°, para F 113-115°; chloraniline ortho F 141-142°, méta F 120-121°, para F 136-137°; métanitraniline F 161-162°; métaminophénylfluoroforme F 88-90°; α-naphtylamine F 196-197°; monométhylaniline F 101-103°; monoéthylaniline F 72-73°; cyclohexylamine F 116-117°; benzylamine F 92-93°; pipéridine F 114-115°; morpholine F 168-170°; ammoniac F 105-106°; *n*-butylamine (liquide).

Les autres acétyléniques étudiés se comportent comme le P. A. Dans quelques cas nous n'avons pu isoler les dérivés chloronitrés mais nous avons prouvé leur existence en les transformant en dérivés anilinés solubles dans la soude.

([3]) D'après K. v. Auwers et W. Susemihl, les produits du type



$$R—CNHAr=CH—CO—R'$$

sont stables et ne se transforment pas d'une façon décelable en cétimines.

Températures de fusion des produits chloronitrés et des dérivés anilinés obtenus à partir des acétyléniques suivants : p-nitro P.A. (118-119° et 167-168°); m-nitro P.A. (105 et 144-145°); o-chloro P.A. (non isolé et 171-172°); p-chloro P.A. (57-58° et 110-111°); ω-chloro P.A. (non isole et 132-133° déc.); p-tolylacétylène (non isolé et 110-112°); phényl-1 propyne-1 (non isolé et 104°).

MINÉRALOGIE. — *Sur les phosphates alumineux de la région de Thiès (Sénégal).* Note de M. **Léon Capdecomme**, transmise par M. Charles Mauguin.

M. L. D. Visse a récemment attiré l'attention sur les phosphates alumineux de la région de Thiès ([1]). Il me semble donc opportun de faire connaître les résultats d'une étude à laquelle je me livre depuis plusieurs années sur ce sujet complexe.

Roches mères. — L'alumine et le fer des phosphates alumineux proviennent d'argiles, le phosphore et le calcium de phosphates tricalciques.

Les argiles des roches mères sont de deux types : à 10,4 Å et à 16 Å. Les premières sont des palygorskites peu phosphatées et paraissant liées à une sédimentation calcaire; les autres, beaucoup plus abondantes et plus riches en phosphates, sont des montmorillonites ferrifères avec quartz clastiques. Des basaltes altérés, très épais en certaines régions du gîte (Lam Lam), sont formés des mêmes montmorillonites qui ont été ailleurs finement sédimentées (Pallo).

Les phosphates tricalciques, toujours apatitiques, sont tantôt en roche à éléments anguleux compacts soudés par des concrétions de staffelite, tantôt en masses feuilletées à minces lits d'argile, tantôt dispersés dans des calcaires et argiles. Leur concentration peut donner, dans ce dernier cas, des amas exploitables de phosphate pulvérulent contenant des silex qui enrobent des organismes phosphatés. Le phosphate dispersé, formé grâce à la sédimentation de fins organismes épigénisés, a fourni l'apport phosphorique essentiel dans la genèse des phosphates alumineux, par ses grandes surfaces spécifiques et ses contacts intimes avec l'argile.

Phosphates alumineux. — Dans les zones d'altération ayant contenu un excès de phosphates calciques par rapport aux argiles (en particulier à Pallo), on observe trois phases principales :

1° *La crandallite* (C) (ou pseudowavellite) dont les caractères structuraux et optiques sont ceux de la pseudowavellite de Fairfield (Utah); ses cristaux sont souvent prismatiques et associés parallèlement entre eux en longues bandes; parfois les prismes montrent une macle en croix, à déterminer. Les échantillons les plus purs possèdent un léger excès de cations par rapport à la composition classique $Ca\ Al_3\ (PO_4)_2.(OH)_5.H_2O$.

([1]) *Comptes rendus*, 234, 1952, p. 1377.

Une variété (C′) de crandallite possède la même structure que (C), mais les raies impaires des plans passant par les axes binaires sont effacées dans le diagramme de poudre.

2° *Une phase* (X), formée d'éléments extrêmement ténus dont la cristallinité apparaît cependant aux rayons X. Sa réfringence est voisine de 1,64 et son poids spécifique de 3,2. Sa composition diffère de celle de la crandallite par des teneurs plus faibles en calcium (rapport moléculaire CaO/P_2O_5 compris entre 0,60 et 0,85) et par la présence d'ions Fe''' dans le réseau (plus de 10 % des ions trivalents). Les taux de MgO et Na_2O sont faibles et même nuls dans certains échantillons. Cette phase ne peut se confondre avec la millisite.

3° *L'Augelite* (A). — Elle est très ténue, comme la précédente, mais donne des diagrammes de rayons X bien marqués qui concordent, pour l'identifier, avec sa réfringence (voisine de 1,59) et sa densité (un peu supérieure à 2,6). L'analyse chimique montre un petit excès d'ions Al par rapport à la composition classique $Al_2(PO_4)(OH)_3$.

Les caractères thermiques des trois phases permettent de les distinguer aisément et seront décrits dans une Note spéciale.

Dans les zones d'altération essentiellement argileuses (en particulier à Lam Lam), les phases (C), (C′) et (X) peuvent apparaître localement, mais on trouve aussi la *wavellite* et une *turquoise*.

Pétrographie et genèse. — Les coupes des phosphates alumineux en place montrent, verticalement à partir du sol, une zone terreuse, des roches noduleuses, des brèches de plus en plus fines vers le bas et un mur argileux, rubéfié en surface, avec poupées de phosphate tricalcique corrodées. L'augelite (A), souvent mêlée à l'halloysite, est dans la partie supérieure, entourant couramment des vestiges de la phase (X) et des grains de quartz corrodés. Nodules et fragments de brèches compacts sont essentiellement formés de (X). Les ciments contiennent (X) mêlé à (C). Cette dernière phase se concentre en profondeur et dans les nodules cariés.

La phase (X) est antérieure aux deux autres. Elle donne lieu actuellement, en surface, à formation de la phase (A) par élimination du calcium et du fer, d'une partie de P_2O_5, et concentration d'Al_2O_3. En profondeur, libérant des ions P_2O_5 et des ions ferriques, elle donne, après mise en solution, de la crandallite qui cristallise, par sursaturation, dans la zone phréatique de niveau variable, ainsi que dans les nodules cariés.

La transformation des roches mères en phosphates alumineux a correspondu à une très grande réduction de volume (disparition totale des calcaires, d'une grande partie des éléments de l'argile et du calcium des phosphates calciques), d'où formation d'un karst important qui a provoqué les tassements expliquant l'existence des brèches. Ce même karst, développé

autour de lentilles non transformées de la roche mère, explique aussi les apparences de doubles niveaux « latéritiques » observées en quelques points du gisement ([2]).

Dans ce complexe des phosphates alumineux, des halloysites se forment en surface à partir de la silice fournie par la corrosion des quartz et de l'alumine libérée de la phase (X). Aux murs des gisements, les montmorillonites se transforment en kaolinites imprégnées de gœthite. Dans aucun échantillon nous n'avons trouvé d'hydrargillite.

Quand on recherche l'origine première des phosphates de cette région, il faut songer au volcanisme qui a précédé la sédimentation phosphatée et peut expliquer l'existence de milieux marins simultanément riches en ions phosphoriques et carboniques, ainsi qu'à l'abondance des montmorillonites paraissant dériver de basaltes.

GÉOLOGIE. — *Sur une faune de mammifères miocènes découverte à Beni-Mellal (Atlas Marocain).* Note de M. **René Lavocat**, présentée par M. Paul Fallot.

Présence au Maroc d'une faune de petits mammifères, attribuée au Vindobonien et constituée en grande partie de formes entièrement nouvelles, dont notamment un nouveau genre de Rongeur (décrit et figuré) important pour l'étude du problème de l'origine des Muridæ.

Au cours d'une tournée géologique effectuée en 1951 dans l'Atlas Marocain, MM. P. Fallot, G. Dubar et G. Choubert avaient découvert dans la région de Beni-Mellal une lentille de calcaire pétrie d'ossements fossiles intercalée dans des conglomérats rapportées au Pontien. Une étude plus approfondie ayant permis d'y observer des dents, des travaux d'extraction furent effectués d'abord par M. Lemoine, puis par H. Salvan. Toujours en cours, ils ont déjà fourni d'importants éléments d'une faune comportant surtout des Rongeurs, mais aussi des Insectivores, des Cheiroptères et des Ruminants, représentés par des ossements souvent très incomplets, mais surtout par des dents parfaitement conservées.

Un petit nombre de dents de Rongeurs appartiennent au genre *Cricetodon* Lartet et peuvent être rapportées à l'espèce *Cricetodon ibericum* Schaub, du Vindobonien et du Méotien du Valles-Penedes (Espagne) ([1]) ou à une espèce très voisine.

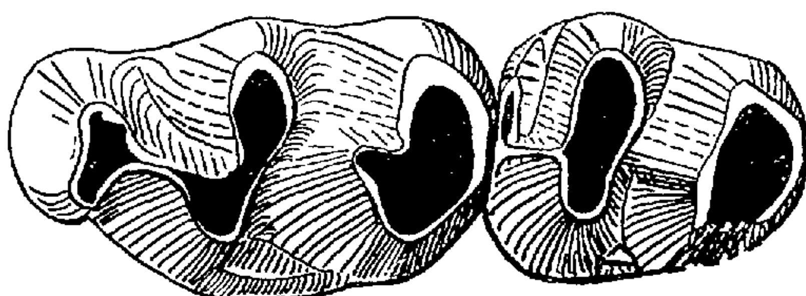
La plupart des autres dents de Rongeurs doivent être rapportées à un

([2]) F. Tessier, *Comptes rendus*, **230**, 1950, p. 981.

([1]) S. Schaub, *Los Cricetodontidos del Valles-Penedes* (*Estudios Geologicos*, n° 6, Instituto de Investigaciones Geologicas « Lucas Mallada », 1948).

genre certainement nouveau, que je considère comme dérivé du genre *Cricetodon*, et qui s'en distingue par l'absence complète ou l'extrême réduction de la crête longitudinale (Längsgrat de Schaub). Par suite de ce détail important, la structure se rapproche notablement de celle des Muridæ, et il est permis de penser que la connaissance de ce nouveau genre éclairera sérieusement le problème de l'origine de cette famille, si importante, particulièrement en Afrique. Deux espèces, différenciées par la taille, représentent à Beni-Mellal ce genre pour lequel je propose le nom de *Myocricetodon* nov. gen., avec la diagnose suivante : « Molaires à plan général cricetodonte, mais où la crête longitudinale (Längsgrat) est absente ou très réduite, la vallée transverse continue ». Le Type est la dentition supérieure gauche M^1 — M^2 de la plus grande des deux espèces, *Myocricetodon cherifiense* nov. sp. avec la diagnose spécifique suivante : « Longueur M^1—M^2 = 2,8 mm. Petit tubercule sur le cingulum lingual, entre les deux lobes postérieurs de M^1 et M^2. Dents assez larges ».

Quatre autres genres de petite taille sont représentés chacun par une dent en très bon état. Sauf l'une d'elles, qui paraît être d'un Myoxidé, il n'a pas encore été possible de rattacher à une famille déterminée ces formes très probablement entièrement nouvelles. En outre, une molaire inférieure appartient à un Sciuridé de la taille de *Sciurus vulgaris*.



Dentition supérieure gauche (M^1 — M^2) de *Myocricetodon cherifiense* nov. sp. Ech. Bn. M. 1 Type.

Les Cheiroptères sont représentés par plusieurs dentitions. Une mandibule de Soricidé est en cours de dégagement. Les Ruminants sont représentés par une molaire isolée très usée, de forme brachyodonte, et des portions de squelette de taille moyenne.

Les formes qui précèdent sont les seuls fossiles dont nous disposions pour dater les dépôts qui les contiennent. Étant données l'allure d'ensemble de la faune et la présence d'espèces affines à celles du Miocène d'Espagne, on est sérieusement fondé à considérer que cette faune n'est pas antérieure au Miocène. Dans l'état actuel des choses, le Vindobonien est l'âge le plus probable. Ainsi, au moins dans cette région, les formations détritiques rapportées par raisonnement au Pontien, se trouvent-elles datées paléontologiquement du Miocène supérieur. Chevauchées par le Lias du bord septentrional de l'Atlas, elles fournissent une précision importante quant à l'âge de cette phase tardive de dislocation.

La faune de Beni-Mellal est entièrement nouvelle pour l'Afrique. A ma connaissance, dans les gisements de Mammifères tertiaires, si rares encore en Afrique du Nord, aucun Rongeur ou Insectivore n'avait été signalé. Dans le reste de l'Afrique, trois régions seulement en ont fourni : le Fayoum (Oligocène), les couches à diamants du Sud-Ouest africain (Aquitanien), l'Afrique Orientale (Miocène). On ne trouve dans les faunes de ces gisements, décrites jusqu'ici, aucune des formes de Beni-Mellal. D'ailleurs, si l'âge admis pour ces diverses faunes est exact, seules celles de l'Afrique Orientale, la plupart non encore décrites, pourraient être d'âge et de composition similaire.

Par contre, il importe de souligner que le genre *Cricetodon* si abondant en Europe est représenté au Maroc. La présence à Beni-Mellal d'une espèce récemment découverte en Catalogne indique qu'au Miocène Supérieur des relations faunistiques existaient entre le domaine atlasique et l'Espagne péninsulaire.

GÉOLOGIE. — *Age des gravures de la station rupestre de Marhouma (Sahara occidental).* Note (*) de Mlle **Henriette Alimen**, transmise par M. Pierre Pruvost.

La station rupestre saharienne de Marhouma, récemment découverte à quelques 20 km au Sud de Beni-Abbès, dans la vallée de la Saoura (1), présente sur la falaise et les rochers éboulés trois séries de figurations : un groupe I, ancien, de gravures à profil ponctué (points non jointifs), très patinées, de petite taille, de style naturaliste; un groupe II, de beaucoup le plus important, également très patiné, comprenant des gravures de taille moyenne, à surface percutée, superposées aux précédentes, de style naturaliste ou semi-naturaliste; un groupe III, peu patiné, de très beau style naturaliste, de technique très différente (surface légèrement frottée).

La position topographique de cette station permet de la situer par rapport au complexe des terrasses de la Saoura (2). Elle est certainement postérieure à l'époque de formation de la terrasse d'érosion Q^{1b} qui est celle du début du dernier Pluvial. De faible intensité, ce dernier Pluvial comprend une première phase humide à 2 maxima (terrasses d'érosion Q^{1b}, de 10-15 m et Q^{1c}, de 5 m) suivie d'un épisode aride ou semi-aride (indus-

(*) Séance du 7 juillet 1952.

(1) H. Alimen et R. Villalonga, *Bull. Soc. Préhist. Fr.*, 48, 1951, p. 509.

(2) H. Alimen, *Formations récentes de la région de Saoura-Ougarta* (*Monographies régionales du* XIXe *Congrès géologique international*, Alger, 1952, à l'impression).

tries de faciès capsien), puis une deuxième phase humide (creusement, puis édification de la terrasse Q^2, Néolithique).

Les conditions écologiques reflétées par de nombreux animaux du groupe II sont celles de la savane africaine : Panthère, Girafe, Phacochère, Balaniceps, Flamant, Autruche, Rhinocéros (probable), et si l'Éléphant n'est pas représenté à Marhouma, du moins l'est-il dans la station anciennement connue d'Igli et dans celle récemment explorée de l'Oued Merlouk dans les Monts d'Ougarta, sensiblement de même âge ([3]). Il faut signaler dans le groupe II quelques animaux aujourd'hui adaptés à la zone désertique (Oryx, Gazelle, Gerboise), mais capables aussi de vivre dans la savane. Au total, la faune du groupe II évoque une végétation assez abondante et la présence d'eau, donc une phase humide.

La figuration dans le groupe I, si exceptionnelle au Sahara, du Cerf qui caractérise les climats tempérés, incline à penser plutôt à la 2[e] phase humide du dernier Pluvial, qui coïncide, dans la vallée de la Saoura, avec un rafraichissement du climat ([2]). Une seconde indication milite dans le même sens. L'installation du peuple de graveurs a été précédée d'une phase d'intense éclatement des roches (la plupart des gravures ont été exécutées sur des blocs éboulés, à arêtes vives), mais a également été suivie, après le groupe II, d'une phase d'éclatements (de gros blocs ont été fragmentés ou détachés de la falaise après avoir été gravés). La falaise ayant été immergée pendant la 1[re] phase humide, seule la 2[e] phase humide (néolithique) a pu être ici encadrée par d'intenses actions thermoclastiques. Les groupes I et II sont donc de la 2[e] phase humide néolithique, le groupe II pouvant se placer vers la fin de cette phase humide (présence de quelques animaux désertiques).

Ainsi, nous avons pu parvenir à une détermination chronologique sans faire intervenir les caractères généralement invoqués pour dater les rupestres africains (succession des styles, des techniques, présence ou absence d'animaux caractéristiques), ce qui nous permet de présenter quelques observations.

1° Le Néolithique d'Égypte correspond lui aussi à une phase humide, à la dernière phase humide. Si donc cette oscillation climatique s'est produite au même moment en Égypte et au Sahara, ce qui est une hypothèse plausible, nous sommes amené à conclure que le Néolithique saharien est sensiblement synchronique du Néolithique égyptien et que les plus anciennes gravures de Marhouma datent de la même époque que les anciennes gravures d'Égypte. Une telle opinion ne peut qu'être suggérée

---

([3]) R. Barthélémy et L. Capitan, *Revue École d'Anthrop.*, 9, 1902, p. 300-315; H. Alimen, Ph. Guinet et A. Poueyto, *Bull. Soc. Préhist. Fr.*, 49, 1952, p. 129.

en l'état actuel des connaissances; on voit cependant que la solution de ce problème préhistorique pourra venir des recherches de paléoclimatologie.

2° Cette assimilation s'accorde avec les caractères de la faune et de la civilisation reflétées par les groupes I et II de Marhouma. La faune est celle de l'époque précameline de Th. Monod, où elle semble occuper une position archaïque à cause de la faible densité des Bœufs. Les hommes sont nus, ne portent ni mèche lybienne, ni javelot et bouclier, armement considéré comme récent dans l'Adrar Ahnet [4]. On ne relève aucune preuve de domestication; par contre, le groupe II fournit des témoignages certains de chasse, de magie de la chasse, de magie de la reproduction, et des indices de cultes (animaux à robe ornées, disques, etc.). Ces caractères sont ceux d'une civilisation archaïque qui s'apparente, comme le montrera une étude détaillée, à la civilisation amratienne, et plus encore sans doute, à la civilisation des « chasseurs les plus anciens » des déserts arabique et libyque, premiers stades post-néolithiques égyptiens.

3° Les gravures piquetées de taille moyenne de Marhouma apparaissent dans ces perspectives comme synchroniques des « grandes gravures incisées préhistoriques », associées au Néolithique de tradition capsienne dans le Sud-Oranais [5], alors qu'en général une telle technique caractérise le groupe plus récent « libyco-berbère ». Ajoutons que les belles figures naturalistes du groupe III de Marhouma, étroitement apparentées aux peintures de Djorf-Torba [6], sont certainement synchroniques de récents « libyco-berbères » schématiques. Ainsi, la succession classique des styles et des techniques ne s'applique pas à la succession des figurations de Marhouma. C'est un nouveau témoignage des difficultés maintes fois signalées de la chronologie des rupestres sahariens, et un essai de solution basé sur l'étude des phénomènes géologiques quaternaires.

GÉOLOGIE. — *Corrélations entre les données gravimétriques et structurales dans le Nord de la province d'Alger.* Note (*) de MM. **Louis Glangeaud** et **Jean Lagrula**, transmise par M. Pierre Pruvost.

Comme l'ont souligné différents auteurs et notamment M. Lejay [1], les données de la gravimétrie ne permettent pas, à elles seules, de résoudre

---

(4) Th. Monod, *L'Adrar Ahnet* (*Travaux et Mémoires de l'Institut d'Ethnologie*, Paris, **19**, 1932).

(5) R. Vaufrey, *L'art rupestre nord-africain* (*Arch. de Paléont. Hum*, 1939).

(6) M. Reygasse, *Monuments funéraires préislamiques de l'Afrique du Nord* (*Publ. du Gouvernement général de l'Algérie*, 1950, p. 107).

(*) Séance du 7 juillet 1952.

(1) *Développements modernes de la gravimétrie,* chap. VIII et IX, Gauthier-Villars, 1947.

les problèmes géologiques. Cependant, en Algérie, les relations entre les anomalies isostatiques [2] et les données structurales [3] établies d'une façon indépendante montrent des corrélations si nettes qu'elles fixent les solutions les plus probables. Des profils gravimétriques inédits, exécutés par l'un de nous postérieurement au réseau faisant l'objet de la publication [2], ont non seulement confirmé, mais nettement accentué ces corrélations.

On peut distinguer ici deux sortes d'influences : les premières, *locales et relativement superficielles*, peuvent être situées à quelques kilomètres de profondeur. Elles se manifestent sur des distances de quelques dizaines de kilomètres et peuvent être facilement reliées aux unités géologiques superficielles. Au contraire, les influences régionales, plus étendues, ne trouvent pas d'explication géologique, observable directement. Elles sont d'origine plus profonde, intracrustale et sous-crustale. Nous chercherons à interpréter les anomalies par les influences superficielles, laissant pour une étude ultérieure, les résidus éventuels.

Ces anomalies semblent liées aux variations d'épaisseur et de nature (densité moyenne) de la couverture secondaire, tertiaire et quaternaire. Elles font ainsi apparaître les unités paléogéographiques et structurales, décrites en détail par l'un de nous, depuis 1932 [3]. A l'intérieur de ces unités, la valeur de l'anomalie isostatique dépend de la nature des dépôts qui sont intéressés par ces ondulations. On peut établir les règles suivantes qui sont presque toujours observées.

Les transformations métamorphiques et métasomatiques augmentent la densité des terrains. C'est ainsi que la série dite des schistes de la Chiffa et du Bou Maad, les schistes bleus de Littré et de l'Amrouna, d'âge jurassique et néocomien inférieur, ayant subi un début de métamorphisme (séricitisation) ont une densité voisine de celle des schistes primaires du massif ancien. Ces deux séries secondaire et primaire ont d'ailleurs, sur le terrain, des aspects si voisins que les schistes de la Chiffa et de Littré avaient été attribués au Primaire.

Pour les terrains non métamorphiques, la densité est, en moyenne, d'autant plus faible que le terrain est plus récent. Ainsi, les dépôts miocènes, pliocènes et quaternaires donnent des anomalies négatives, d'autant plus accusées qu'ils sont plus épais. Il en est de même pour une grande partie des terrains éocène inférieur et moyen qui auraient, dans l'ensemble, une densité faible. Aussi pour interpréter les données gravimétriques, nous

---

(2) J. Lagrula, *Bull. Carte géol. Algérie*, 4e série, n° 2, 1951.

(3) L. Glangeaud, *Bull. Carte géol. Algérie*, 2e série, n° 8, 1 pl. : Carte structurale de l'Afrique du Nord.

utiliserons comme éléments de base les unités géologiques que nous avons définies précédemment [4].

L'influence positive du *bourrelet liminaire primaire* (*zone* I *ou des Kabylies*) formé de terrains métamorphiques, de gneiss et de granit, apparaît nettement. L'influence négative de la couverture secondaire et tertiaire au Nord du massif ancien, se manifeste de façon faible dans la région de Dellys (où l'anomalie reste positive entre + 61 et + 67 mg). Ceci peut être dû soit à une faible épaisseur de la couverture, soit, plus probablement, à l'existence d'importantes montées volcaniques et intrusives, d'âge oligocène.

Au Sud de la zone côtière, on voit d'abord apparaître l'influence nette des bassins de sédimentation miopliocènes (Mitidja, bassin de Ténès et du Chélif). Les minima des profils sont plus marqués pour la plaine du Chélif que pour la Mitidja. Cette différence peut être entièrement due à une plus grande épaisseur des sédiments miopliocènes dans le Chélif, mais il est plus probable que le minimum du profil Ténès-Orléansville est influencé aussi par l'action sous-jacente de la zone II qui s'ajoute à celle de la série miopliocène. Cette unité (sillon sud-kabylien) est, en effet, remplie de sédiments allant du Crétacé supérieur au Jurassique. Au contraire, le miopliocène de la Mitidja recouvre le prolongement du massif ancien (zone I), dont la densité est plus élevée que celle des séries crétacées de la zone II.

Dans le bassin de Médéa, le minimum du profil Blida-Boghari est dû, non à la couverture miopliocène relativement peu épaisse, mais à la forte épaisseur de la couverture Crétacé supérieur. De même, sur le profil Arba-Aumale, les deux minima coïncident avec le maximum d'épaisseur de la couverture Crétacé supérieur.

Sur le même profil, les maxima correspondent aux anticlinoriums de Sakamody et des Bibans. Cette influence positive des anticlinoriums est encore plus accentuée dès qu'affleure la série jurassico-néocomienne des schistes de Blida, dans la zone II où, dans l'axe de l'anticlinorium à Chrea, l'anomalie positive atteint + 32. C'est aussi le cas pour les schistes bleus qui apparaissent en zone IV dans le prolongement de l'anticlinal des Bibans aux environs de Marbot, où Mattauer leur a attribué plus de 2 000 m d'épaisseur. Ce faciès sub-métamorphique disparaît et s'enfonce à l'Ouest, dans la zone IV, sous le Crétacé moyen et supérieur. Aussi, le profil entre Orléansville et Vialar montre une variation régulière, sans anomalie positive nette.

Ainsi, *sur tous les profils, la couverture d'âge crétacé moyen et supérieur montre une densité plus faible que la série jurassico-néocomienne sous-jacente.*

---

(4) L. Glangeaud, *loc. cit.*

Une densité forte doit aussi être attribuée à la série des schistes primaires et des calcaires jurassiques minéralisés de la zone III, qui manifestent nettement leur action positive le long de la vallée du Chelif entre les Zaccar et Orléansville. L'anomalie positive de la vallée du Chelif coïncide, en effet, d'une façon très remarquable, avec ce que l'un de nous a nommé « géanticlinal du Chelif » (zone III).

Ces corrélations permettent d'envisager, pour un certain nombre de formations types, en place, la détermination de densités moyennes. L'utilisation de ces valeurs, au lieu de la densité uniforme 2,67, est susceptible de fournir des anomalies résiduelles, dont l'explication relèvera peut-être de phénomènes profonds. Par exemple, on doit s'attendre à voir persister un maximum sur le littoral (ou légèrement au large) (5). Cette tendance d'*ordre régional*, se rattache à la zone d'anomalies positives qui apparaît à la partie Sud de la Méditerranée. L'un de nous (6) l'a expliqué par l'action de phénomènes profonds (courants sous-crustaux, plioquaternaires) qui sont accompagnés de nombreuses manifestations : tectoniques, morphologiques et géophysiques.

GÉOLOGIE. — *Observations en Bretagne sur des granites à enclaves de schistosités discordantes, dites enclaves déplacées.* Note de MM. **René Perrin** et **Marcel Roubault**, transmise par M. Pierre Pruvost.

Très fréquemment les massifs granitiques contiennent des enclaves, parfois nombreuses, pour lesquelles l'orientation de la schistosité est la même d'une enclave à l'autre et parallèle à celle de roches encaissantes.

Ce fait implique que ces enclaves n'ont subi aucun changement d'orientation lors de la formation du granite et est indiscutablement très en faveur de la granitisation en milieu solide. Quelques cas ont cependant été rapportés dans la littérature où la schistosité d'enclaves voisines est nettement discordante; ceci a été invoqué en particulier par J. Cogné (1) à la suite d'observations près du Fort de la Lève (Loire-Inférieure), comme preuve d'un état au moins pâteux du granite au moment de sa mise en place.

Un très bel exemple de granite à enclaves discordantes a été décrit par J. Lelubre (2), à Beg an Fry (Côtes-du-Nord). L'un de nous (R. P.)

(5) H. P. Coster, *The gravity field of the Western and central Mediterranean*, Groningen, 1945.

(6) L. Glangeaud, *Bull. Soc. Géol. France*, 6e série, 1, fasc. 8, 1951, et *Annales de Géophysique*, Paris, 8, n° 1, 1952, p. 10-13.

(1) *Comptes rendus*, 231, 1950, p. 1076.

(2) *Bull. Soc. Géol. Fr.*, (5), 8, p. 673-688.

avait observé en ce point, en 1940, des faits curieux et frappants. Une excursion récente commune nous a permis de préciser et d'étendre ces observations : le dit granite correspond à une « eruptive breccia » au contact latéral ouest du granite de Beg an Fry et des schistes bien lités, identiques aux enclaves : la discordance de certaines de celles-ci est manifeste. Mais notre attention a été attirée par le fait qu'à quelques mètres à peine de ce point existent côte à côte, à l'intérieur d'enclaves de grandes dimensions, des plages de schistosité, elles-mêmes nettement discordantes, venant buter les unes contre les autres presque sans raccordement apparent. Ce fait, constaté à diverses reprises, nous a conduits à réexaminer de plus près un éperon rocheux photographié par J. Lelubre et à constater, en cassant légèrement la roche, qu'à sa partie supérieure deux enclaves à schistosité discordante sont en réalité reliées entre elles par une mince partie de roche restée massive.

Poursuivant plus avant notre examen vers l'Ouest, nous avons constaté d'autres faits :

1° A l'intérieur des schistes en place existent localement des parties de roches non transformées restées massives où la schistosité vient « mourir » et ceci même dans des parties rubannées où l'allure tend vers celle que l'on qualifie généralement d' « injection lit par lit »;

2° Une surface lisse bien exposée, de plusieurs mètres carrés, montre à l'intérieur des schistes, des « filonnets » ou des plages plus ou moins étoilées de granite, complètement isolés, branches ou filonnets ayant quelques centimètres de longueur. Contre certains d'entre eux s'appuient des zones de schistosités discordantes et qui restent discordantes lorsqu'elles se rejoignent sans interposition de granite. L'aspect est assez frappant.

La comparaison de ces faits et du granite à enclaves discordantes proche montre que celui-ci dérive simplement d'un stade de développement plus avancé du lacis granitique conduisant à la brèche éruptive et qu'il n'est nullement besoin d'invoquer des mouvements des enclaves au moment de la formation du granite; le fait est parfaitement compatible dans ce cas avec la granitisation en masse solide; celle-ci est d'ailleurs illustrée par la naissance, *in situ*, des plages étoilées ou filonnets de granite complètement isolés à l'intérieur des schistes, à quelque distance du contact proprement dit.

Nous avons retrouvé à plus petite échelle un phénomène semblable sur la côte Cap Coz-Beg Meil (Finistère). Enfin, l'un de nous (R. P.) s'étant rendu à l'Ouest du Fort de la Lève, c'est-à-dire sur la localité où J. Cogné a observé des enclaves déplacées, a constaté la présence dans les migmatites, près du granite, de variations extrêmement rapides et brutales de leurs schistosités en certains points, variations amplement suffisantes

pour permettre de considérer qu'il n'est, là encore, pas nécessaire d'envisager un déplacement des enclaves pendant la granitisation.

Il paraît, en outre, certain dans le cas de Beg an Fry, que l'orientation de la schistosité n'a point été déterminée par des conditions régionales de tensions ou de déformations, mais bien par des conditions extrêmement locales : il n'est pas déraisonnable d'imaginer que celles-ci aient été les tensions entraînées par les changements de volume dus au métamorphisme responsable de la schistosité et à la granitisation que, semble-t-il, les faits montrent appartenir à un même cycle.

Ajoutons que certaines observations faites à Beg an Fry, au Fort de la Lève et autres lieux, incitent à penser que des allures plissées de micaschistes ou gneiss n'impliquent pas obligatoirement, dans tous les cas, un plissement postérieur au métamorphisme. Il semble que de telles apparences peuvent se produire telles quelles, lors d'un métamorphisme (orientation conditionnée par les courbes des tensions ou des déformations ?), tout comme il semble de plus en plus, d'après nombre de faits, que les fameux plis ptygmatiques se sont formés tels quels, et n'ont point fait l'objet de plissements ultérieurs.

PHYSIQUE DU GLOBE. — *Variations rapides dans les courants telluriques et le champ magnétique terrestre*. Note (*) de Mlle **Yvonne Beaufils**, MM. **Gaston Gibault** et **Geza Kunetz**, présentée par M. Charles Maurain.

Les enregistrements simultanés des courants telluriques et du champ magnétique terrestre réalisés par la Compagnie générale de Géophysique et l'Institut de Physique du Globe de Paris permettent de vérifier l'étroite corrélation, onde par onde, qui existe entre les oscillations rapides des deux phénomènes : correspondance parfaite des ondes, identité des périodes, même évolution des régimes oscillatoires.

Dans une précédente Note [1], Mlle Beaufils a montré qu'il existe une étroite corrélation, *onde par onde*, entre un enregistrement tellurique et un enregistrement magnétique obtenus *à grande distance* l'un de l'autre. Antérieurement, MM. Schlumberger et Kunetz [2] avaient déjà observé de semblables corrélations entre les courants telluriques et la dérivée de la composante verticale du champ magnétique en un même lieu.

De nouveaux enregistrements simultanés des variations telluriques et magnétiques ont pu être réalisés de façon continue, du 16 au 23 mars 1952,

---

(*) Séance du 16 juin 1952.

(1) *Comptes rendus*, **230**, 1950, p. 2108.

(2) *Association of Terrestrial Magnetism and Electricity, Transaction of Oslo Meeting*, 1948, *Washington*, 1950, p. 518.

grâce à la collaboration de la Compagnie générale de Géophysique avec l'Institut de Physique du Globe de Paris.

En Champagne, une station provisoire installée dans la ferme du Merland (49° 20′ N, 2° 01 ′ E) a été équipée de deux « enregistreurs universels » C. G. G. à grande vitesse (1 cm/m) au moyen desquels a été assuré, sur l'un des films, l'enregistrement continu des composantes NS et EW des courants telluriques, sur l'autre film, celui de la composante tellurique EW et de la dérivée dZ/dt de la composante verticale du champ magnétique. Des repères de temps spéciaux permettent de déterminer celui-ci à 2 s près.

A l'Observatoire de Chambon-la-Forêt, des enregistrements à grande sensibilité ont été obtenus, pour la composante horizontale du champ magnétique (H) au moyen du variomètre apériodique Gibault ([3]) (vitesse de déroulement 0,32 cm/m) et, pour sa dérivée dH/dt, au moyen de l'appareil Grenet ([4]) (1,2 cm/m).

1. L'étroite corrélation, onde par onde, entre oscillations telluriques et oscillations magnétiques a ainsi été confirmée et précisée sur une série remarquable de régimes oscillatoires coïncidant avec l'époque d'équinoxe. Elle est permanente et presque parfaite entre les courbes EW et H, excellente quoique moins constante entre les précédentes et dZ/dt ou dH/dt, tandis qu'elle est, en général, moins bonne avec la courbe NS (*fig.* 1).

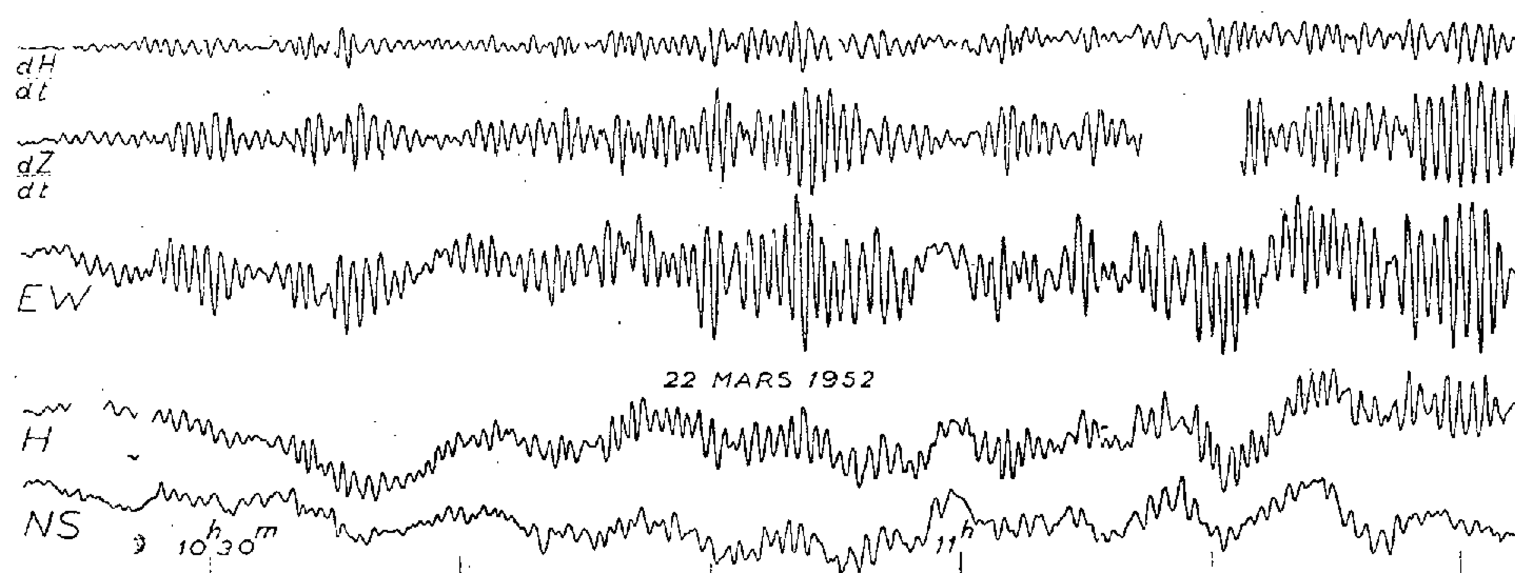


Fig. 1.

2. De nombreux trains d'oscillations présentent un début brusque permettant une détermination précise du temps. Sur 20 mesures, un seul écart dépasse 5 s entre les enregistrements EW et H (ce sont alors les oscillations NS qui sont simultanées avec H); 14 écarts sont inférieurs à 3 s. Les oscillations sont donc simultanées dans les courants telluriques et dans le champ magnétique.

([3]) *Annales de Géophysique* (sous presse).

([4]) *Annales de Géophysique*, 5, 1949, p. 188.

3. L'évolution diurne du régime oscillatoire a été étudiée en mesurant systématiquement la période apparente T et l'amplitude maximum A des trains d'oscillations les plus remarquables sur EW et sur H. On vérifie ainsi l'égalité rigoureuse des périodes et le comportement identique des variations telluriques et des variations magnétiques qui présentent les unes et les autres quatre régimes principaux d'oscillations :

1° les oscillations normales, d'une période de 25 à 30 s, qui caractérisent le régime de jour;

2° des trains d'oscillations généralement brefs, de même période, qui apparaissent exceptionnellement la nuit;

3° des oscillations de grande période (de l'ordre d'une minute) caractéristiques du régime de nuit;

4° des trains brefs d'oscillations de courte période (< 20 s), également fréquents la nuit.

La figure 2 montre la variation diurne moyenne de T et de A relative à la semaine d'expériences (chaque ordonnée est la moyenne de toutes les observations comprises dans un même intervalle de 5 m) :

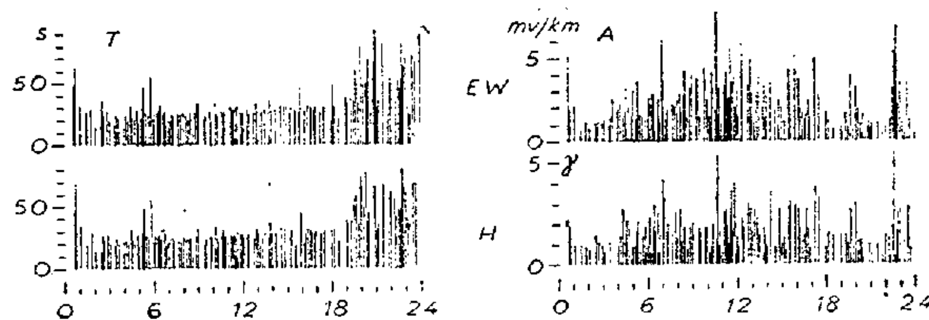


Fig. 2.

La nuit, entre 22 h et 2 h, prédominance des grandes périodes, avec des amplitudes notables; de 2 h à 4 h, régime calme, avec de faibles oscillations de courte période, puis l'amplitude augmente, la période restant courte.

Entre 5 h et 6 h, maximum net de la période. Cette dernière reprend ensuite sa valeur antérieure jusque vers 9 h, puis croît lentement tandis que l'amplitude passe par un maximum marqué entre 10 h et 11 h.

A 18 h, augmentation soudaine de période et d'amplitude.

Les graphiques de A^2/T^2 font apparaître le maximum, vers 10 h, qui correspond à la prédominance des *oscillations normales* d'environ 25 s.

4. Pour ces dernières, la composition des élongations telluriques, NS et EW d'une part, des élongations correspondantes de H et D d'autre part, montre que la composante horizontale du champ de variation magnétique est perpendiculaire à la direction du courant tellurique. L'étude plus détaillée des différents régimes fera l'objet d'une publication ultérieure.

PHYSIQUE DU GLOBE. — *Utilisation de trous forés dans les roches pour l'étude de leur rayonnement pénétrant.* Note de M[me] **Arlette Hée** et M. **René Lecolazet**, transmise par M. Charles Maurain.

Mise en évidence des difficultés qu'offrent l'évaluation des corrections topographiques et des corrections dues à l'effet d'émanation dans le cas de mesures faites avec un tube compteur à l'extérieur de la roche. Ces corrections sont annulées lorsque le compteur est mis au sein de cette roche.

La formule d'Ève, concernant l'ionisation, peut être adaptée à l'emploi des tubes compteurs mesurant le rayonnement γ [1]. Si un tel compteur est placé au sein d'une substance radioactive s'étendant à l'infini, en l'occurrence, la roche à étudier, le nombre de coups/minute N est donné par la formule

$$N = 4\pi d \sum \frac{SC}{\mu}, \qquad (1)$$

d, densité de la roche; S, sensibilité du compteur au corps radioactif envisagé, c'est-à-dire nombre de coups par minute donnés par 1 g de substance active placé à 1 cm du compteur; μ, coefficient d'absorption correspondant de la roche; C, concentration de la substance envisagée, exprimée en grammes par gramme. Inversement, si N est connu, cette formule permet d'évaluer, le compteur étant placé dans la roche, la concentration des substances radioactives qui y sont contenues.

Sur le terrain, à la surface, le nombre de coups par minute enregistré différera notablement du nombre théorique. Pour se ramener aux conditions d'application de la formule (1), il faudra affecter les mesures brutes des corrections suivantes :

1° correction topographique concernant le rayonnement γ de la roche;

2° correction concernant le rayonnement cosmique, en relation avec la topographie et la pression atmosphérique;

3° Correction de l'effet d'émanation qui peut ne pas être négligeable au sol en montagne. H. Garrigue [2] signale des concentrations de $1,4.10^{-16}$ jusqu'à 160 et même 550.10^{-16} Curie/cm³ en des stations non enneigées.

Des expériences dont les résultats seront publiés ailleurs, nous ont permis de définir les coefficients de la formule (1) pour un gammaphone du Commissariat à l'Énergie atomique et pour un appareil RD/O Mesco.

Nous avons choisi pour la vérification de la méthode deux roches qui, grâce aux conditions d'expérience, nous ont permis de mettre en évidence le rôle des divers facteurs à envisager.

---

(1) Szalay et Coongor, *Sciences, U. S. A.*, 109, février 1949, p. 146-147.

(2) H. Garrigue, *Comptes rendus*, 205, 1937, p. 420.

A. *Carrière de rhyolite d'Eftermatten.* — Nous avons trouvé, en plein dans la roche, un trou de mine préparé pour une explosion prochaine. Il nous a été facile d'y faire une mesure avec le gammaphone. Nous avons relevé 44 ± 2 coups/mn, ce qui doit correspondre au rayonnement pénétrant total de la roche, sans qu'il y ait lieu, semble-t-il, d'envisager de correction. Le gammaphone placé le long de la paroi de la roche a donné le même jour $38,4 \pm 2$ coups/mn, dans des conditions telles qu'on peut envisager le rayonnement de la roche utilisé entre les limites 1/2 et 3/4, le rayonnement cosmique agissant seulement par 1/2 de sa valeur (18 coups/mn pour l'altitude de la station). Notons que l'effet d'émanation existe toujours pour des mesures extérieures à la roche puisque l'air du sol renferme toujours de l'émanation; il sera plus ou moins important suivant la sensibilité de l'appareil et suivant la teneur de l'air en émanation.

Pour nos appareils, une quantité d'émanation de 50.10^{-16} Curie/cm³ donnerait 10 coups/mn au gammaphone et 66 coups/mn au RD/O. Cette teneur en émanation de l'air au sol n'est pas invraisemblable d'après les chiffres déjà cités et dans une carrière, très souvent en exploitation, où la roche est fraîchement brisée.

On peut essayer, à l'aide des mesures exposées plus haut de chiffrer l'effet d'émanation. Si l'on suppose le rayonnement de la roche utilisé dans le rapport 1/2, nous trouvons : $4,4 <$ effet d'émanation $< 10,4$, ce qui correspond à une concentration C' de l'air en émanation comprise entre 45.10^{-16} et 108.10^{-16} Curie/cm³.

La supposition que le rayonnement de la roche est utilisé dans le rapport 3/4 conduit à une concentration négative. D'où l'on peut conclure, ce qui s'accorde avec les conditions expérimentales, que le rayonnement de la roche est bien utilisé dans un rapport compris entre 1/2 et 3/4.

B. *Rhyolite du Rosskopf.* — On connaît par différentes méthodes les teneurs en substances radioactives de cette roche : $(4,9 \pm 1)10^{-6}$ g/g U; $(20,4 \pm 5)10^{-6}$ g/g Th et 0,0387 g/g K.

a. On peut exprimer l'équivalence en uranium de ces substances actives pour le gammaphone. On trouve $(31,3 \pm 4)10^{-6}$ g/g U, ce qui correspond à $N = 24,5 \pm 3$ coups/mn. Le gammaphone placé le long de la paroi, dans des conditions identiques à celles de la Rhyolite d'Eftermatten, a donné $23,5 \pm 1,5$ coups/mn. Nous pouvons en déduire que l'effet d'émanation $\leqq 5$, et $C' \leqq 26.10^{-16}$ Curie/cm³.

b. Le RD/O placé dans une position identique à celle du gammaphone nous conduit à $C' \leqq 22.10^{-16}$ Curie/cm³.

Ainsi pour les deux appareils, en ne tenant compte que de la moitié du rayonnement de la roche, la concentration de l'air en émanation aurait comme valeur supérieure $26.10^{-16} \times 2 = 52.10^{-16}$ Curie/cm³.

Ces mesures, relativement faciles à interpréter, laissent cependant entrevoir

les difficultés rencontrées pour évaluer les parts respectives des trois rayonnements à considérer pour toute mesure faite à l'extérieur de la roche.

Au contraire, l'utilisation de trous permet de connaître sans ambiguïté le rayonnement pénétrant total d'une roche. On pourra ainsi exprimer, non seulement, la radioactivité de la roche par son équivalence en uranium relativement à l'appareil utilisé mais, parfois aussi, sa teneur en thorium. Il suffira pour cela d'avoir déterminé par une analyse chimique la teneur en K_2O et la teneur en uranium, par exemple par la méthode du radon. Le nombre N de coups par minute attribuable au Th se déduira par différence entre le nombre total de coups par minute et la somme de coups par minute correspondant à l'uranium et au K. Ainsi, des mesures faites dans un trou pratiqué dans le granite de Brifosse, nous ont permis d'évaluer la concentration en Th à $(34{,}5 \pm 12).10^{-6}$ g/g. D'après la méthode utilisée cette mesure porte sur environ 2 t de roche.

BOTANIQUE. — *Interprétation phylogénétique des formes anthéridiennes tératologiques chez les Polypodiacées.* Note (*) de M. **Jean Motte**, transmise par M. Louis Emberger.

On sait depuis longtemps que les gamétophytes des fougères, développés dans des conditions anormales, affectent une morphologie particulière et portent des anthéridies aberrantes d'aspects variés.

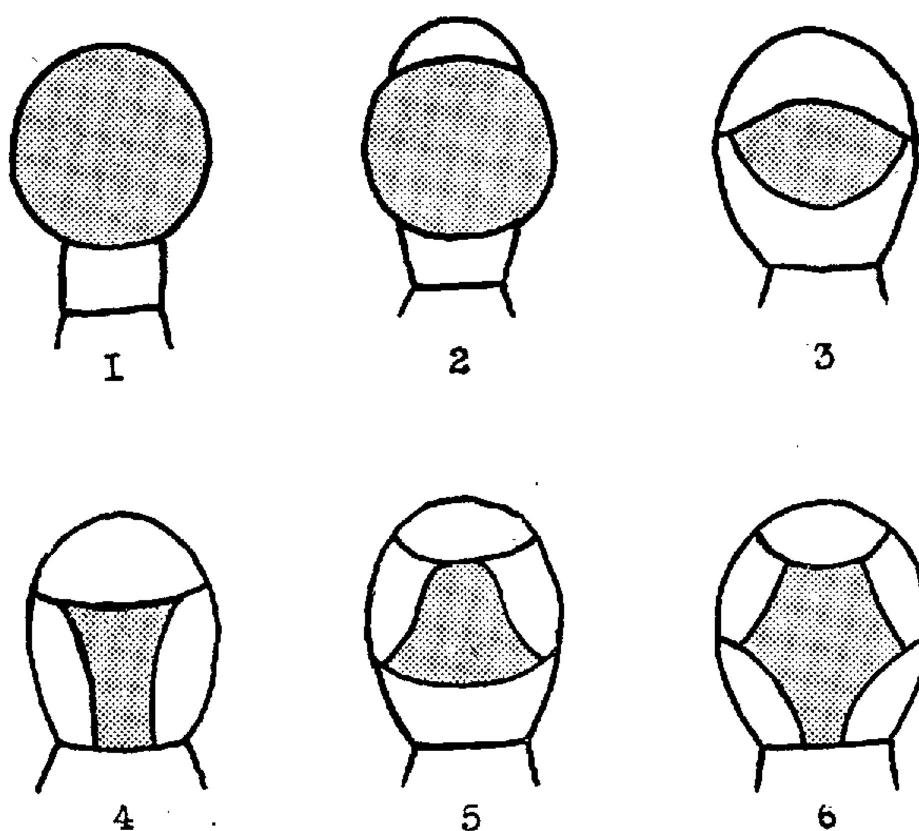
La confrontation de ces diverses formes anthéridiennes et leur sériation suggère une conception assez inattendue de l'organe mâle, au moins en ce qui concerne les Polypodiacées auxquelles appartiennent les prothalles étudiés ici. L'anthéridie s'y résout, en effet, fondamentalement, à un trichome paucicellulaire unisérié dont la cellule apicale est génératrice. De ce schéma dérivent toutes les formes observées.

Le type le plus élémentaire est celui dans lequel la cellule apicale cessant d'être génératrice, devient spermatogène. L'anthéridie est alors, en fin d'évolution, constituée par une vésicule renfermant les spermatozoïdes. Cette vésicule, terminale et portée par un court pédoncule, est nue et dépourvue de l'assise de cellules protectrices présentes dans l'anthéridie normale (*fig.* 1).

Mais, le plus souvent, la cellule apicale ne modifie pas ses potentialités fonctionnelles; et c'est l'un des segments proximaux détachés d'elle, qui devient spermatogène. Il s'agit alors, soit du segment subterminal ou pénultième, soit du segment antépénultième. Et, dans les deux cas, plusieurs modalités peuvent s'offrir. Mais, même dans le cas le plus simple,

(*) Séance du 7 juillet 1952.

lorsque la cellule subterminale évolue dans le sens spermatogène sans modifier ses rapports avec les cellules voisines (*fig.* 2), cette cellule cesse d'être nue. Son recul, dans la série cellulaire linéaire qui constitue l'anthéridie, est, en fait, une étape vers l'organisation d'un revêtement protecteur stérile.



Ce revêtement, ainsi d'abord réduit à la seule cellule apicale et, par conséquent, partiel, devient ultérieurement total, grâce à l'expansion latérale de la cellule sur laquelle repose l'initiale spermatogène. Cette cellule, devenue concave, rejoint par son bord, au niveau de la région équatoriale de l'ensemble anthéridien, le bord inférieur de la cellule apicale désormais operculaire (*fig.* 3).

Plus tard encore, l'accentuation de la concavité de cette cellule basale amène au type souvent décrit, dans lequel la cellule concave, perforée en son centre, devient uniquement pariétale et schématiquement cylindrique (*fig.* 4).

Les mêmes phénomènes se reproduisent dans le cas où la cellule spermatogène est antépénultième. La cellule génératrice apicale a alors détaché un segment subapical, homologue du segment concave proximal, et évoluant, comme ce dernier, vers la forme annulaire pariétale. Quant à la cellule sur laquelle repose l'initiale spermatogène, elle offre ici encore les deux aspects précédemment décrits. Elle peut être simplement concave (*fig.* 5), ou, exagérant cette concavité, devenir annulaire et, associée au segment subapical, réaliser la paroi bicellulaire cylindrique bien connue des Polypodiacées (*fig.* 6).

Ainsi s'offrent tous les aspects intermédiaires entre la vésicule sperma-

tique nue ou *gamétocyste*, et l'anthéridie protégée par une assise cellulaire stérile protectrice ou *gamétange*.

Or, le gamétocyste est caractéristique des thallophytes, tandis que les embryophytes ont des organes sexuels de type gamétangial. La série des aspects décrits ci-dessus élucide donc et confirme l'origine algale des fougères.

En outre, étant donné que, chez les bryophytes, on ne retrouve pas chez les organes homologues cette structure fondamentale unisériée à sept transversaux, il est légitime de penser que les Polypodiacées dérivent des algues vertes, sans qu'intervienne, dans leur phylogenèse le groupe des Muscinées.

BOTANIQUE. — *Action des substances de croissance sur le bouturage de l'*Hibiscus rosa sinensis *L., Malvacée ornementale.* Note (*) de M[me] **José Mattei**, transmise par M. Louis Emberger.

Nous avons déjà fait connaître que les substances de croissance exerçaient une influence favorisante très nette sur le bouturage de plusieurs espèces de *Ficus* (1) et de l'*Acalypha obovata Benth.* (2). Nos expériences nous ont permis notamment, d'une part de réussir la multiplication par bouturage du *Ficus macrophylla*, qui, jusqu'à présent, paraissait rebelle à ce processus, et d'obtenir, d'autre part, des *Acalypha obovata* à feuilles plus grandes et plus vivement colorées que ceux provenant de boutures témoins.

Poursuivant nos investigations dans ce domaine, nous avons étudié l'action des substances de croissance sur une Malvacée cultivée en serre et très décorative : l'*Hibiscus rosa sinensis* L.

Sans doute cette plante se multiplie-t-elle facilement par le bouturage, en hiver, de rameaux demi-aoûtés, mis en serre, sur couche chaude et sous cloche.

Néanmoins, il nous a paru intéressant de rechercher si le trempage des boutures de cette espèce dans des solutions d'acide β-indol-acétique et d'acide indol-butyrique était susceptible d'améliorer ce processus de multiplication végétative.

Nous avons opéré dans les mêmes conditions que précédemment et également avec des solutions dont les concentrations étaient respectivement de 120, 50 et 20 mg/l.

Nos expériences nous ont permis de constater que les acides utilisés

(*) Séance du 7 juillet 1952.

(1) *Comptes rendus*, 234, 1952, p. 754.

(2) *Comptes rendus*, 234, 1952, p. 1708.

améliorent très nettement l'enracinement de nos boutures, aussi bien en ce qui concerne le *pourcentage de résultats positifs* que le *nombre de racines* qui se développent sur les boutures enracinées.

En effet, alors qu'avec les boutures témoins, trempées dans l'eau pure, les réussites n'ont été que de 65 %, ce pourcentage a atteint 95 et 96 % avec les boutures traitées.

De même, les boutures témoins n'ont donné naissance, chacune, qu'à deux ou trois racines ayant une longueur de 0,5 à 2 cm, alors que les boutures traitées, par l'acide indol-butyrique notamment, possédaient chacune sept à huit racines, dont la longueur variait entre 1 et 3 cm.

Les acides utilisés ont encore provoqué une *accélération de l'enracinement*, puisque les racines apparaissaient au bout de 16 jours sur les boutures traitées et seulement au bout de 26 jours sur les boutures témoins, soit un gain de 10 jours en faveur des premières.

Les substances de croissance ont donc sur les boutures d'*Hibiscus rosa sinensis* L. une triple action favorisante, puisqu'elles provoquent à la fois : une *augmentation de l'enracinement*, une *augmentation du nombre et de la longueur des racines, et une accélération de l'enracinement.*

A un autre point de vue, si l'on compare l'action respective de l'acide indol-butyrique et de l'acide β-indol-acétique sur les boutures expérimentées, c'est, comme pour les *Ficus*, l'acide indol-butyrique qui s'est montré le plus favorable, car les boutures traitées par cet acide ont des racines plus nombreuses et plus longues que celles qui ont trempé dans une solution d'acide β indol-acétique en même temps que leur système foliaire est plus développé.

Quant à la concentration optima, c'est, pour les deux acides, celle de 50 mg/l qui nous a donné les résultats les meilleurs.

Nous avons également, et comme dans nos expériences précédentes, suivi pendant deux ans le développement de nos sujets issus de boutures, et nous avons constaté que, si l'acide indol-butyrique influençait plus favorablement les premiers stades du développement, il conservait le même avantage au cours de l'évolution ultérieure de nos jeunes plantes, qui ont une vigueur plus grande et une taille plus élevée que les autres. Ainsi, au bout de deux ans, la hauteur maxima de nos différents individus développés en pots était de 25 cm pour les témoins, de 40 cm pour ceux provenant de boutures traitées par l'acide indol-acétique et de 50 cm pour ceux issus de boutures traitées par l'acide indol-butyrique.

En résumé, l'emploi de substances de croissance est très nettement à recommander pour le bouturage de l'*Hibiscus rosa sinensis* et l'on ne peut que souhaiter l'utilisation, de l'acide indol-butyrique notamment, pour la multiplication végétative de cette espèce. Réussites plus nombreuses, système radiculaire plus développé et d'apparition plus précoce, tels sont

les avantages d'une méthode qui n'est pas seulement efficace durant les premiers stades de la vie du nouvel individu, mais qui prolonge son action favorisante au moins pendant deux ans.

BIOCHIMIE VÉGÉTALE. — *La présence des mannanes dans le bois des arbres appartenant au sous-embranchement des Angiospermes.* Note (*) de MM. **Adrien Roudier** et **Lucien Eberhard**, présentée par M. Gabriel Bertrand.

Depuis les travaux bien connus de M. Gabriel Bertrand ([1]) qui avait signalé la présence de mannanes (mannocellulose) dans les tissus ligneux des plantes gymnospermes, en quantités importantes (8 à 10 %) chez les Cycadées et les Conifères ou faibles (de 0 à 0,5 % environ) chez les Gnétacées et n'en avait pas trouvé chez les Angiospermes, divers auteurs se sont efforcés de rechercher le mannose dans les hydrolysats des tissus de plantes appartenant à ce dernier groupe et, en particulier, dans le bois des arbres dits « feuillus ». Les résultats sont contradictoires, les uns trouvant du mannose, les autres n'en trouvant pas ([2]).

L'étude détaillée des causes d'erreurs (formation de mannose par épimérisation du glucose au moment de la neutralisation des hydrolysats, multiplication des erreurs par un facteur important dû à l'addition de mannose supplémentaire, influence des autres sucres sur la précipitation de la mannose phénylhydrazone) nous a montré ([3]) que ces divergences provenaient d'une sensibilité insuffisante des méthodes utilisées.

La neutralisation des hydrolysats (obtenus par l'acide chlorhydrique à 5 %) sur une résine échangeuse d'anions et l'utilisation de la chromatographie de partage sur papier ([4]) (solvant acétate d'éthyle-alcool éthylique à 96°-eau, 2/1/2 en volumes) pour la recherche et le dosage du mannose nous a permis d'éviter toutes les causes d'erreurs ci-dessus.

Dans ces conditions nous avons trouvé les proportions de mannanes suivantes, calculées par rapport au poids des échantillons secs, extraits préalablement au mélange alcool-benzène : Charme (*Carpinus Betulus* L,

(*) Séance du 7 juillet 1952.

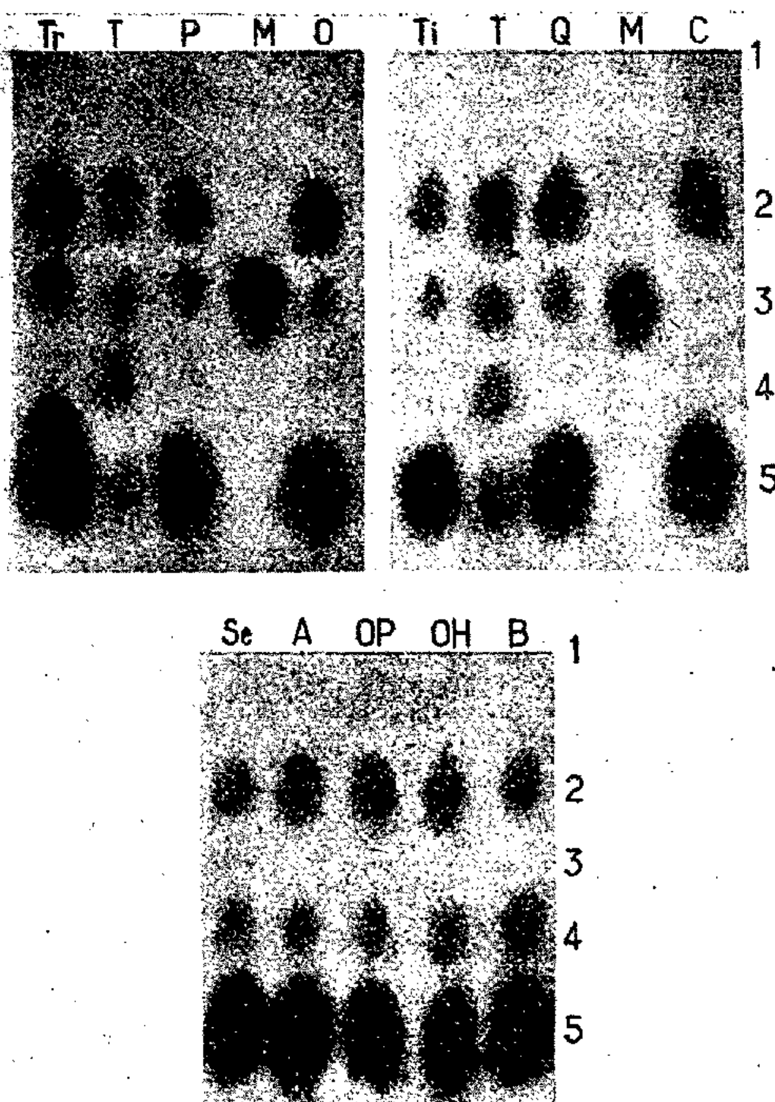
([1]) *Bull. Soc. Chim.*, (3), **7**, 1892, p. 468; *Comptes rendus*, **129**, 1899, p. 1025; *Bull. Soc. Chim.*, (3), **23**, 1900, p. 87; *Ann. Off. nat. comb. liq.*, **11**, 1936, p. 191.

([2]) *Voir* la bibliographie dans L. E. Wise, E. K. Ratliff et B. L. Browning, *Anal. Chem.*, **20**, 1948, p. 825.

([3]) A. Roudier et L. Eberhard, *Mém. Serv. Chim.*, 1952 (sous presse).

([4]) S. M. Partridge, *Nature*, **158**, 1946, p. 270; A. E. Flood E. L. Hirst et J. K. N. Jones, *Nature*, **160**, 1947, p. 86; *J. Chem. Soc.*, 1948, p. 1679; A. Roudier, *Chim. anal.*, **32**, n° spécial **11** *bis*, 1950, p. 57; *ibid.*, **33**, n° spécial **11** *bis*, p. 391, 1951. *Mém. Serv. Chim.*, 1951 (sous presse).

Bétulacées) : 0,60 %; Chêne pédonculé (*Quercus pedunculata* Ehrh, Fagacées) : 1,07 %; Peuplier (*Populus robusta* Schneider, Salicacées) : 0,96 %; Tremble (*Populus Tremula* L., Salicacées) : 0,64 %; Orme (*Ulmus campestris* L. Ulmacées) : 1,30 %; Tilleul (*Tilia cordata* Miller, Tiliacées) : 0,95 %; Pailles de céréales (*Avena sativa* L., *Hordeum distichum* L., *Secale cereale* L., *Trititum sativum* Lamk, Graminées) : 0,00 %. Les photographies ci-jointes montrent l'aspect des chromatogrammes.



Chromatogrammes des hydrolysats de bois-feuillus et de pailles de céréales. — A : avoine; B : blé; C : charme; M : mannose témoin; O : orme; OH : orge d'hiver; OP : orge de printemps; P : peuplier; Q : chêne: Se : seigle; T : mélange témoin (galactose, glucose, mannose, arabinose, xylose); Ti : tilleul; Tr : tremble; 1 : ligne de départ; 2 : galactose + glucose; 3 : mannose; 4 : arabinose; 5 : xylose.

Tous les échantillons de bois utilisés dans ce travail proviennent du tronc d'arbres abattus en hiver (novembre à mars) (5). Les pailles (sans les nœuds, ni les feuilles, ni les épis) proviennent de céréales de la récolte normale.

Ainsi que nous l'avons montré antérieurement (6), les chiffres trouvés

(5) C. Jacquiot, directeur et Mme Gouvernel, chef de laboratoire, au Laboratoire central d'essais des bois, nous ont fourni ces échantillons ainsi que d'utiles renseignements concernant ceux-ci.

(6) A. Roudier et L. Eberhard, *Mém. Serv. Chim.*, 1951 (sous presse).

ici sont sans doute un minimum. Ils indiquent, en tout cas, une différence très nette entre les bois feuillus et les pailles de céréales. L'absence de mannose dans les hydrolysats de ces dernières peut être considérée comme une confirmation qu'il ne s'est pas formé une quantité appréciable de ce sucre pendant les opérations.

Si la présence de petites quantités de restes d'anhydromannose dans les tissus ligneux des arbres angiospermes atténue légèrement la différence signalée par G. Bertrand, elle ne la supprime nullement : les Conifères et les Cycadées contiennent une proportion de mannanes, de l'ordre de 10 % alors que cette proportion n'est que de 1 % environ chez les arbres « feuillus » de diverses familles du Sud-Est des Angiospermes.

Un Mémoire plus détaillé sera publié ailleurs (³).

ENDOCRINOLOGIE. — *Sur la présence d'une substance cortico-stimulante du placenta humain.* Note de MM. **Herbert Tuchmann-Duplessis, Maurice Mayer, Jean Quelet** et **André Sahy**, présentée par M. Robert Courrier.

L'administration d'extraits de placenta humain prélevé à terme provoque chez le Rat hypophysectomisé une augmentation pondérale de la surrénale de 25 à 45 %.

Divers faits, tels que l'hypertrophie du cortex fœtal, l'augmentation de l'excrétion urinaire des gluco-corticoïdes et l'amélioration de l'arthrite rhumatismale au cours de la gestation, conduisent à penser que le placenta pourrait sécréter une substance cortico-stimulante. Les essais faits en vue de détecter ce principe n'ont pas jusqu'à présent, donné de résultats convaincants. Chez le rat intact, on a signalé une chute des éosinophiles après administration d'extraits placentaires (A. Badinand et B. Mallin) (¹), de même qu'une inhibition de la diffusion de l'encre de Chine sous l'effet de gonadotrophines sériques inactivées par la chaleur. La signification de ces résultats reste cependant limitée; l'expérimentation sur l'animal intact ne permettant pas d'éliminer l'intervention d'une décharge corticotrope endogène qui est toujours à craindre après administration de protéines étrangères. Cette objection paraissait d'autant plus pertinente que M. A. Greer (²) expérimentant sur la rate hypophysectomisée gestante avait conclu que le placenta ne sécrétait pas de corticotrophine.

Nous avons abordé ce problème en nous servant du rat hypophysectomisé que l'on sait particulièrement sensible à l'hormone corticotrope.

(¹) *Ann. Pharm. franç.*, 10, 1952, p. 239.
(²) *Endocrinology*, 45, 1949, p. 178.

Les extraits ont été préparés à partir de placentas à terme selon les techniques employées pour l'isolement de la corticotrope hypophysaire. Le produit final a été séché pour être administré en solution aqueuse par voie sous-cutanée pendant 4 jours consécutifs à des rats hypophysectomisés depuis 14 jours. L'autopsie est faite 96 h après la première injection. Après vérification de la réussite de l'opération, les surrénales sont pesées et soumises à un examen cyto-chimique selon la technique que l'un de nous a précédemment décrite (Tuchmann-Duplessis) ([3]). L'activité corticotrope des extraits placentaires a été appréciée par le « degré de réparation », c'est-à-dire l'augmentation pondérale de la surrénale et la répartition des enclaves cellulaires du cortex. On admet, en effet, depuis les observations de Simpson, Evans et Li ([4]) qu'aucune substance autre que l'hormone corticotrope n'est capable de stimuler la surrénale du rat hypophysectomisé et que, d'autre part, le degré de stimulation est proportionnel à la dose d'hormone administrée.

Nos essais ont porté sur deux groupes de rats : le premier groupe de rats mâles a reçu 50 mg d'un extrait brut représentant environ 5 g de placenta frais, le deuxième groupe de rats femelles a reçu 15 mg d'un extrait plus purifié, représentant environ 10 g de placenta frais.

Les résultats pondéraux sont résumés dans notre tableau.

Variations pondérales de la surrénale du Rat hypophysectomisé traité par des extraits de placenta humain.

Groupe.	Poids moyen des animaux (g).	Doses d'extraits de placenta (mg).	Poids surrénal pour 100 g d'animal.	Augmentation par rapport aux témoins hypophysectomisés (%).
Hypophysectomisé :				
mâles témoins	103	–	8,9	–
mâles traités	102	50 Extrait brut	11,2	+25
femelles témoins	190	–	12	–
femelles traitées	225	15 Extrait purifié	17,6	+45

L'examen de ce tableau fait ressortir une augmentation pondérale statistiquement significative de la surrénale des animaux traités par des extraits placentaires. L'aspect microscopique du cortex, caractérisé par l'élargissement de la zone fasciculée et le rétrécissement de la bande souda-

([3]) *Arch. Anat. Hist. et Embryol.*, 34, 1951, p. 419.
([4]) *Endocrinology*, 33, 1943, p. 261.

nophobe corrobore les données pondérales et témoigne également d'une stimulation corticale. Il semble que le degré de stimulation du cortex soit proportionnel à la quantité de placenta administré.

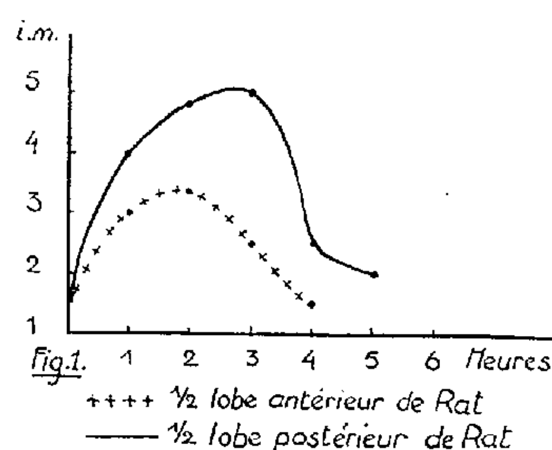
BIOLOGIE. — *Action mélanophoro-dilatatrice des lobes antérieurs et postérieurs d'hypophyses de Rat et de Bœuf.* Note de Mme **Cécile Mialhe-Voloss**, présentée par M. Robert Courrier.

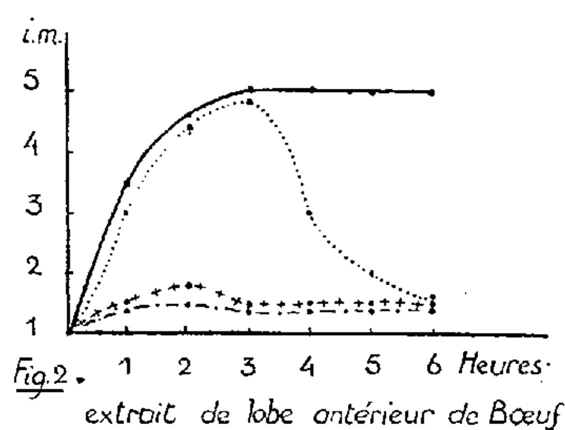
L'intermédine sécrétée par la *pars intermedia* de l'hypophyse intervient dans la pigmentation des Vertébrés inférieurs par son action sur les mélanophores et peut-être par son rôle dans la synthèse des mélanines. Chez les Vertébrés supérieurs, son activité physiologique n'est pas élucidée. Par contre, l'hypofonctionnement surrénalien détermine des troubles de la pigmentation chez l'Homme. Calkins 1950 (1), pense qu'il existerait un balancement hypophyse-surrénale. L'insuffisance surrénalienne primaire provoquerait une augmentation d'activité de l'hypophyse qui favoriserait l'excrétion d'intermédine. En revanche, les malades souffrant d'insuffisance surrénalienne secondaire présentent rarement une hyperpigmentation. Pincus 1948 (2), note un développement graduel de la pigmentation chez un arthritique traité par l'A. C. T. H. Le malade ne présente aucun signe d'insuffisance surrénalienne, mais l'A. C. T. H. provoque l'expansion des mélanophores de Grenouille. L'auteur en déduit que cette hormone contient de l'intermédine. En 1952, Johnsson et Högberg (3), se basant sur des observations cliniques, biologiques et surtout chimiques, montrent que l'A. C. T. H. et l'hormone mélanophorique sont très voisines. Les auteurs concluent, si non à l'identité, du moins à la grande similitude de ces deux hormones. Si cela était, il serait difficile de savoir si l'action mélanophoro-dilatatrice de l'A. C. T. H. est due à l'hormone corticotrope elle-même ou à l'intermédine contenue dans ses différentes préparations. Ces deux hormones étant sécrétées par des parties distinctes de la glande pituitaire, il était intéressant de comparer l'action sur les mélanophores de la Grenouille de chacun des lobes hypophysaires, étude qui, à notre connaissance, n'a pas encore été faite.

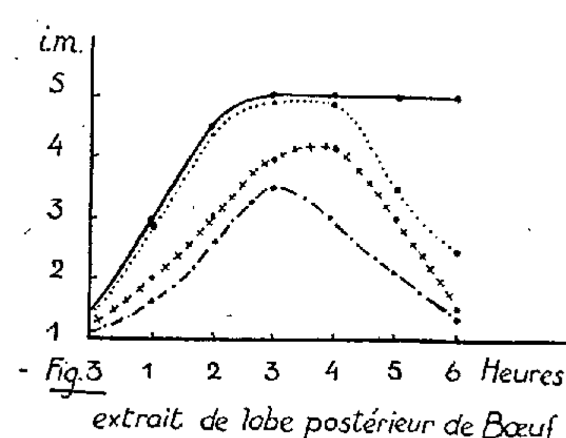
Matériel et technique. — Nous avons utilisé pour nos dosages la Grenouille (*Rana esculenta*) hypophysectomisée (4). Dans un lot d'animaux opérés, nous utilisons seulement ceux dont les mélanophores de la membrane inter-

(1) In Aaron Busen Lerner et Thomas B. Fitzpatrick, *Physiol. Rev.*, **30**, n° **1**, p. 91.
(2) *Recent progress in hormone research*, **6**, p. 360.
(3) *Nature*, **169**, n° **4294**, p. 286.
(4) In G. Pincus et K. W. Thiman, *The Hormone*, **2**, p. 484.

digitale sont à un stade compris entre 1 et 2 de l'index mélanophorique de Hogben. L'extrait est injecté dans le sac lymphatique dorsal, l'index mélanophorique (i. m.) est mesuré toutes les heures. Dans la plupart des cas, la même Grenouille a été utilisée à 48 h d'intervalle pour comparer une quantité déterminée de lobe antérieur et de lobe postérieur.







—— grenouille ayant reçu une injection de 2,5 mgr. d'extrait sec.
.... " " " 1,25 mgr. "
++++ " " " 0,625 mgr. "
–·–·– " " " 0,250 mgr. "

1° *Hypophyses de Rat.* — Nous avons utilisé des Rats ♂ de 80 à 100 g Les hypophyses sont prélevées immédiatement après le sacrifice des animaux et les deux lobes broyés séparément dans 1 cm³ de sérum physiologique. Nous avons injecté des doses correspondant à 1/2, 1/4, 1/8 de lobe antérieur ou postérieur, chaque dose à injecter étant amenée à un volume de 0,5 cm³ par addition de sérum physiologique. Dans les huit cas étudiés, le lobe postérieur a manifesté une forte action mélanophoro-dilatatrice. Le lobe antérieur a une activité plus faible mais nette (*cf.* réponse type, *fig.* 1). Comme nous utilisons des fractions équivalentes de lobes hypophysaires et que la masse du lobe postérieur est très inférieure (moins de 0,5 mg) à celle du lobe antérieur (3 mg environ), nous pouvons dire que le lobe postérieur est, *a fortiori*, beaucoup plus riche en hormone mélanophoro-dilatatrice que le lobe antérieur.

2° *Hypophyses de Bœuf.* — Les hypophyses proviennent des abattoirs.

Les deux lobes sont séparés le plus rapidement possible après l'abattage de l'animal (au maximum 30 mn après). On prépare un extrait acétonique de chacun des lobes, la poudre obtenue est reprise par du sérum physiologique. Les doses supérieures à 1,25 mg de poudre sèche (8 cas) donnent toutes des réponses maxima de l'i. m. Les doses inférieures donnent seules des réponses significatives. Celles de 0,625 (1 cas), 0,250 (2 cas), 0,125 (1 cas) d'extrait posthypophysaire exercent une action manifeste sur l'i. m. Les mêmes doses d'extrait antéhypophysaire (4 cas), au contraire, sont pratiquement inactives (cf. *fig.* 2 et 3).

Nous pouvons donc conclure que, chez le Bœuf, comme chez le Rat, le lobe antérieur de l'hypophyse contient un principe actif sur les mélanophores de la Grenouille, mais en quantité notablement inférieure à celle du lobe postérieur et *a fortiori* du lobe intermédiaire, partie de ce dernier.

BIOLOGIE. — *Saumonisation de* Salmo irideus *Gibb. par administration d'astaxanthine*. Note de MM. **René Grangaud**, **René Dieuzeide**, Mlles **Renée Massonet** et **Thérèse Douard**, transmise par M. Maurice Javillier.

L'astaxanthine (3.3'-dihydroxy 4.4'-dicéto-β-carotène), très répandue chez les Crustacés, a été mise en évidence chez les Salmonidés [*Salmo salar*, Sorensen [1], *Salmo trutta*, Sorensen et Stène [2]] : Steven [3] a montré que, chez la Truite vivant en liberté, les deux pigments caroténoïdes présents sont la lutéine et l'astaxanthine. Les animaux élevés en aquarium conservent leur pigmentation lorsque le régime alimentaire est de même nature que celui des truites sauvages; mais s'il est composé de vers de terre et de viande hachée, l'astaxanthine disparaît complètement. L'origine alimentaire du pigment paraît donc certaine, la majeure partie en étant vraisemblablement fournie par les Crustacés.

Cependant, Besse [4], incorporant à la nourriture de *Salvelinus fontinalis* et de *Salmo irideus* le pigment de la carapace et de l'hypoderme du Homard cuit [5] obtient la saumonisation du premier, mais non celle du second.

---

(1) *Z. physiol. Chem.*, **235**, 1935, p. 8.

(2) Cités par R. Kuhn, J. Stene et N. A. Sorensen, *Ber.*, **72**, 1939, p. 1688.

(3) *Nature*, London, **160**, 1947, p. 540.

(4) *Comptes rendus*, **232**, 1951, p. 637.

(5) Il y a lieu de noter que la cuisson doit transformer au moins partiellement l'astaxanthine en astacine (tétra-céto-β-carotène), dont les propriétés physiologiques sont entièrement différentes (6).

Après 17 semaines d'expérience, « les truites arc-en-ciel ont une livrée très brillante, mais la chair est très peu ou pas rosée ».

Expérimentant également sur *Salmo irideus* [6], nous avons obtenu un résultat différent : 18 truites immatures, âgées d'un an, élevées en bassin, ont été partagées en deux lots A et B. Les animaux étaient nourris de rate de bœuf; en outre, ceux du lot A (12 sujets) ont reçu, deux fois par semaine pendant 2 mois, puis trois fois par semaine pendant les 3 mois suivants, 8 à 12 g de conjonctif péristomacal d'*Aristeus antennatus* Risso. Chez ce Penéidé, le pigment est l'astaxanthine [7] dont la concentration reste, en effet, élevée en toute saison dans le tissu conjonctif qui entoure la poche stomacale. Après 4 mois, les truites du lot A paraissaient un peu plus claires et rosées que celles du lot B. En fin d'expérience, la différence s'était accentuée : chez les sujets traités, la ligne latérale, les nageoires, la tête étaient d'un ton rose carminé. A la dissection, le muscle et l'intestin (surtout dans la région des cæcum pyloriques) étaient de couleur saumon. La peau, les nageoires, le muscle et l'intestin ont été broyés séparément avec du sulfate de soude anhydre, puis épuisés à l'acétone. Les solutions acétoniques, toutes fortement colorées en jaune orangé, ont été additionnées d'éther de pétrole et d'eau, puis la phase éthéro-pétrolique a été séparée. Après évaporation du solvant en atmosphère inerte et sous pression réduite, le pigment a été remis en solution dans la pyridine : son spectre à bande large avec maximum d'absorption à 492 mµ est caractéristique de l'astaxanthine. Les animaux témoins, traités comme ceux du lot A, ont fourni des extraits éthéro-pétroliques totalement incolores à l'exception de ceux de la peau teintés en jaune très pâle.

Ces expériences établissent donc la possibilité de saumonisation de *Salmo irideus* par addition d'astaxanthine au régime alimentaire.

BIOLOGIE. — *Induction mitogénétique dans la thyroïde du Rat. Ajustement statistique des données par les distributions de Poisson et de Polya.* Note de M. **Ivan Bertrand** et Mme **Thérèse Gayet-Hallion**, présentée par M. Léon Binet.

L'apparition d'une mitose au sein d'un parenchyme constitue (au sens mathématique du mot) un événement rare, compte tenu du nombre considérable des cellules observées. Il semble donc que la distribution des mitoses par champ microscopique puisse être représentée par la formule exponentielle de Poisson.

---

(6) R. Grangaud et Mlle R. Massonet, *Comptes rendus*, 230, 1950, p. 1319.

(7) R. Grangaud et Mlle R. Massonet, Station d'Aquiculture et de Pêche de Castiglione, 1952, Alger (sous presse).

C'est ce que nous avons constaté, du moins lorsque la moyenne des mitoses par champ est voisine de l'unité, dans le corps thyroïde de Rat. Nos animaux, de souche Wistar, sont des mâles d'environ 2 mois, ayant reçu 9 h avant l'autopsie une dose de colchicine de 0,4 mg pour 100 g.

Lorsque les moyennes sont comprises entre 2 et 5, la distribution théorique précédente se trouve biaisée par le fait d'une variance constamment plus élevée que la moyenne correspondante. La loi des événements rares, représentée par la série de Poisson, comportant comme condition essentielle l'indépendance absolue des événements, l'existence constante d'une variance excessive conduit à admettre que cette condition n'est pas remplie. Par contre, la distribution de Polya [1], concernant des événements rares *avec contagion*, s'adapte remarquablement à nos observations numériques.

Si x est la variable aléatoire représentant le nombre de mitoses par champ, la variance V et l'index de contagion $d=(V-\bar{x})/\bar{x}$ permettent de calculer immédiatement la fréquence relative F_0 des champs renfermant 0 mitose

$$F_0=\left(\frac{1}{1+d}\right)^{\frac{\bar{x}}{d}}$$

et, de proche en proche, la fréquence des champs à x mitoses

$$F_x=F_{x-1}\,\frac{\bar{x}+(x-1)\,d}{x(1+d)}.$$

Nous donnons, dans le tableau ci-dessous, quelques exemples de la valeur comparée des ajustements à l'aide des distributions de Poisson et de Polya.

Numéro des expériences.	Moyenne de mitoses par champ.	Index de contagion.	Probabilité distribution Poisson.	Probabilité distribution Polya.
502 II	2,375	0,411	$<0,001$	0,191
201 I	2,885	0,182	0,680	0,641
303 I	2,815	0,307	0,148	0,868
811 I	4,140	0,056	0,249	0,258
902 II	4,040	0,268	0,046	0,492
902 I	4,440	0,299	$<0,001$	0,154
501 II	4,985	0,324	0,041	0,645
501 I	4,940	0,590	$0,001<P<0,01$	0,996

Les probabilités correspondantes, indiquées dans chaque éventualité, sont tirées des tables usuelles de χ^2, compte tenu des degrés de liberté [2]. L'avan-

---

(1) E. J. Gumbel, *Analyse des aléatoires*, Ferréol, Lyon, 1937; F. Eggenberger et G. Polya, *Z. angew. Mathematik u. Mechanik*, 3, 1923, p. 279.

(2) En raison de l'existence d'un paramètre supplémentaire, le nombre de degrés de liberté, est pour la distribution de Polya, inférieur d'une unité à celui de la distribution de Poisson.

tage de la distribution de Polya apparaît d'autant plus marqué que la moyenne des mitoses par champ est plus élevée.

Dans l'ensemble, nos observations, portant sur 36 thyroïdes, permettent d'affirmer un *effet de contagion* entre les mitoses du corps thyroïde, chez le Rat colchicinisé. Il reste bien entendu que cette constatation, dont l'évidence mathémathique est indéniable, ne fournit aucune indication sur la nature exacte du phénomène. S'il est permis d'invoquer une induction mitotique (Gurwitsch, Magrou), une action chimique ou hormonale, facilement transmise à l'intérieur d'une vésicule, peut également réaliser un effet numérique de contagion.

La technique que nous proposons permet d'évaluer, à l'intérieur d'un parenchyme homogène, l'intensité d'une induction mitogénétique, par le calcul d'un index de contagion. Elle constitue, dans cet ordre de recherches, un mode nouveau d'approche, basé sur le dénombrement des mitoses et la nature de leur distribution statistique.

A 16 h 15 m l'Académie se forme en Comité secret.

COMITÉ SECRET.

M. **François de Maublanc** est adjoint à la délégation de la France à l'Assemblée générale de l'**Union internationale pour la Protection de la Nature**, au titre d'Ingénieur spécialiste des Installations hydroélectriques et de leurs répercussions sur les équilibres naturels.

La séance est levée à 16 h 25 m.

R. C.



ACADÉMIE DES SCIENCES.

SÉANCE DU LUNDI 21 JUILLET 1952.

PRÉSIDENCE DE M. ALBERT CAQUOT.

MÉMOIRES ET COMMUNICATIONS

DES MEMBRES ET DES CORRESPONDANTS DE L'ACADÉMIE.

EMBRYOGÉNIE VÉGÉTALE. — *Embryogénie des Boragacées. Développement de l'embryon chez le* Lithospermum officinale *L.* Note de M. **RENÉ SOUÈGES**.

Dans ses processus embryogéniques, le *Lithospermum officinale* diffère du *L. arvense* par de profondes variations qui rappellent d'une manière particulièrement étroite celles qui ont été observées chez certains *Solanum*. Beaucoup de ces variations tendent à séparer l'Herbe aux perles de l'archétype du *Chenopodium* auquel néanmoins la plante reste apparentée par la majorité de ses formes.

Jusqu'ici, chez les Boragacées, on a pu distinguer trois groupes de formes embryonnaires, toutes appartenant à la première grande division du système périodique : d'abord celles qui, par leur tétrade en A_1, se rattachent à la série A (par exemple, le *Lycopsis arvensis* L. et l'*Alkanna lutea* A. DC.); ensuite celles qui, possédant une tétrade en B_2, se rangent dans la série B (*Cerinthe minor* L., *Onosma nanum* DC.); enfin les formes qui, présentant une tétrade en C_2, prennent place dans la série C. Parmi ces dernières, les unes appartiennent au mégarchétype III et ont pu être rapportées à l'archétype du *Chenopodium Bonus-Henricus* (*Heliotropium peruvianum* L., *Lithospermum arvense* L.) ou lui être simplement comparées (*Myosotis hispida* Schlecht.); les autres relevant du mégarchétype V (*Echium vulgare* L.) ont été rattachées au type des Solanacées, en raison surtout du mode de construction des proembryons octocellulaires.

Dans tous ces rapprochements [1], des variations sont apparues qui intéressent au plus haut degré l'embryogénie comparée et peuvent nous éclairer sur certaines affinités. A cet égard, les divergences qui se produisent chez le *L. officinale* se sont montrées beaucoup plus nombreuses et plus significatives que celles qui ont été rencontrées chez le *Lithospermum arvense* [2].

---

[1] *Voir* à ce sujet R. SOUÈGES et P. CRÉTÉ, *l'Année biologique*, 28, 1952, p. 36.

[2] R. SOUÈGES, *Comptes rendus*, 230, 1950, p. 2142.

La tétrade en C_2 (*fig.* 2) et le proembryon octocellulaire à 5 étages (*fig.* 9) sont identiques aux mêmes formes du *L. arvense*. Les dispositions différentes qu'offrent les proembryons figurés en 4 et 5 s'expliquent par la division plus ou moins précoce des éléments *cc* ou *ci* de la tétrade. En 6 et 7, on constate une variation importante qui consiste dans la segmentation transversale de *m*, faisant apparaître des formes octocellulaires à 6 étages et entraînant une modification dans la repartition des protentialités,

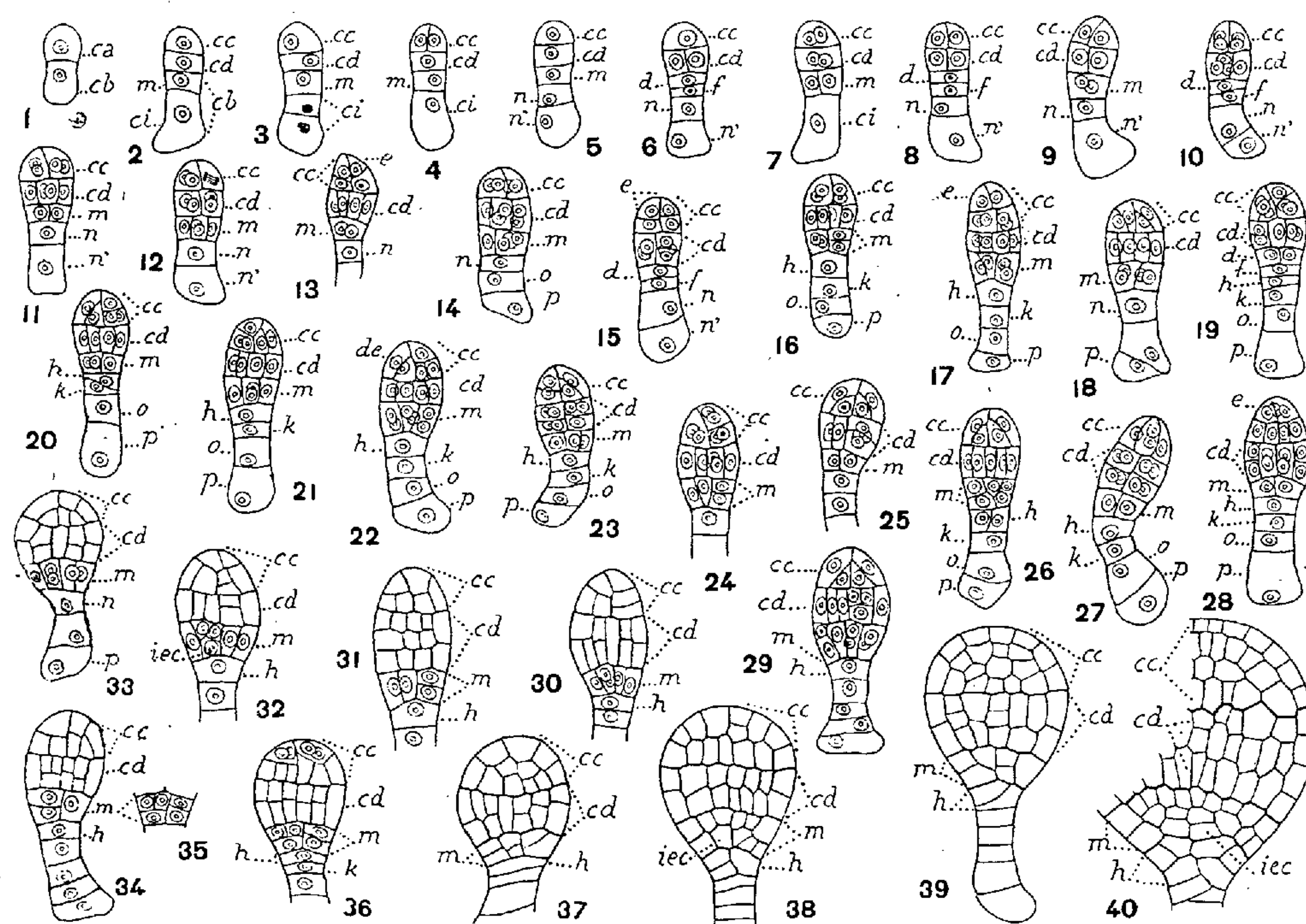


Fig. 1 à 40. — *Lithospermum officinale* L. — Les principaux termes du développement de l'embryon. *ca* et *cb*, cellules apicale et basale du proembryon bicellulaire; *cc*, cellule supérieure de la tétrade ou partie cotylée *s. lato*; *cd*, cellule subterminale de la tétrade ou partie supérieure de l'hypocotyle; *m*, cellule subproximale de la tétrade ou partie inférieure de l'hypocotyle; *ci*, cellule inférieure de la tétrade; *n* et *n'*, cellules-filles de *ci*; *d* et *f*, cellules-filles de *m*; *h* et *k*, cellules-filles de *n*; *o* et *p*, cellules-filles de *n'*; *e*, épicotyle; *iec*, initiales de l'écorce de la racine. G = 300.

puisque la cellule *m* va se trouver remplacée dans ses fonctions par sa cellule fille supérieure *d*. En outre, aux stades suivants, le blastomère *m* ne peut donner naissance à quatre cellules circumaxiales, comme cela se produit dans l'archétype du *Chenopodium* et chez le *L. arvense*; il se comporte comme chez les Solanacées. Les quatre cellules circumaxiales s'observent dans les formes normales, en 12, 14, 18; mais, aux mêmes stades, chez les formes dérivées du proembryon octocellulaire à 6 étages, on trouve deux cellules superposées, *d* et *f* ou leurs descendantes immédiates (*fig.* 15, 19).

A la quatrième génération, les formes sont normalement dodécacellulaires (*fig.* 10, 11) et non hexadécacellulaires comme chez le *Chenopodium Bonus-Henricus* ou le *L. arvense*. Les octants supérieurs se séparent par division longitudinale des quadrants, en *cc*; parfois ils se différencient par cloisons transversales (*fig.* 13, 15, 17, 28) pour engendrer deux dyades superposées, celle du sommet donnant l'épicotyle, *e*, l'autre la partie cotylée *s. stricto, pco*. Les octants inférieurs peuvent également se constituer parfois par divisions

transversales des deux quadrants, en *cd*, donnant deux étages de deux octants d'abord, puis de quatre cellules circumaxiales (*fig.* 23).

Dans les processus de division des octants, on observe fréquemment des variations comparables encore à celles qui se produisent chez certains *Solanum*. Ainsi, les octants supérieurs peuvent se segmenter normalement par des parois tangentielles isolant d'emblée le dermatogène, *de* (*fig.* 18, 21, 23 à droite, 20 à gauche, 25, 29), mais, le plus souvent, ils prennent des cloisons anticlines à direction soit verticale (*fig.* 18 à gauche), soit horizontale (*fig.* 19, 20, 22, 24 à droite, 21, 23 à gauche). De même, les octants inférieurs se cloisonnent normalement par parois verticales (*fig.* 13. 16, 17, 18), mais l'un, deux ou trois d'entre eux, parfois les quatre, peuvent d'abord se diviser transversalement (*fig.* 15, 23, 25, 27). Ces derniers processus de division qui ont été parfois observés chez le *L. arvense*, sont, chez le *L. officinale*, aussi fréquents que chez les *Solanum*, où, en outre, des cloisons transversales peuvent se produire dans les quadrants, et même dans les deux éléments primordiaux *cc* et *cd* de la tétrade.

Comme chez le *L. arvense* et le *Chenopodium Bonus-Henricus*, *m* donne naissance à la partie inférieure de l'hypocotyle, et, par des processus quelque peu variables, aux initiales de l'écorce de la racine; des cloisons transversales précèdent encore souvent les parois longitudinales dans cette région du corps (*fig.* 16, 24, 31, 35). La partie médiane de la coiffe tire normalement origine de *h*, cellule-fille supérieure de *n*, comme dans l'archétype du *Chenopodium* et comme chez le *L. arvense*. Cependant dans les formes dérivées du proembryon octocellulaire à 6 étages, c'est *f*, cellule-fille inférieure de *m*, qui fournit le primordium de la coiffe, les éléments issus de *n* et de *n'* entrant dans la construction du suspenseur; il y a encore là un terme de rapprochement avec les Solanacées chez lesquelles la partie médiane de la coiffe est toujours engendrée par *m* ou par sa fille *d*.

L'embryon du *Lithospermum officinale* offre cette originalité de se séparer de celui du *L. arvense* par des variations plus nombreuses et mieux définies dans les processus de son développement; en même temps, il apporte des preuves nouvelles des liens de parenté unissant les Boragacées aux Solanacées. Comparé à l'archétype du *Chenopodium Bonus-Henricus*, les différences se trouvent accentuées; comparé au type des Solanacées, les analogies apparaissent plus profondes.

On ne peut encore affirmer jusqu'à quel point les divergences observées entre le *L. arvense* et le *L. officinale*, consistant dans plus d'irrégularité chez ce dernier, peuvent être rapportées, selon une opinion qui tend à s'accréditer, au caractère de plante annuelle de la première de ces espèces ou au caractère de plante vivace de la deuxième.

PHYSIOLOGIE. — *Effets d'une hypoxie modérée sur les facultés intellectuelles de l'Homme*. Note (*) de MM. **Léon Binet**, **Maurice V. Strumza** et **Jacques Lévy**.

Poursuivant notre étude sur les effets psychiques des variations de la tension partielle d'oxygène dans l'air inspiré, nous avons exploré le compor-

(*) Séance du 7 juillet 1952.

tement de sujets normaux soumis à une hypoxie légère. On sait que pour l'homme adulte normal, une réponse cardiovasculaire peut être observée lorsque le taux d'oxygène dans l'air inhalé s'abaisse à 18,2 %, à la pression atmosphérique, soit une tension partielle de 138,6 mm de mercure. Une réponse franche existe avec un taux de 16,4%, soit 125,1 mm de mercure.

Nous avons recherché les modifications psychiques avec ces deux degrés d'hypoxie.

La technique utilisée est celle que nous avons employée pour l'étude des effets de l'inhalation d'oxygène pur [1]. Des couples d'étudiants en médecine ou de jeunes médecins des deux sexes, du même type d'intelligence et d'efficience intellectuelle totale de valeur quantitative égale, sont établis en utilisant le test n° 2 de Mme H. Pieron, pour adultes cultivés, test exécuté en 90 m. Ultérieurement, chaque couple exécute d'autres tests pendant l'inhalation, à l'aide d'un masque à soupapes, d'air ordinaire pour un des sujets, d'air sous-oxygéné pour l'autre sujet. Après 2 m 30 s d'inhalation, l'élève lit les explications concernant l'exécution du test. Cette lecture dure 2 m 30 s.

L'exécution du test de Spearman, limitée à 6 m, était donc commencée après 5 m de respiration à l'aide du masque. Après un intervalle de 5 m, pendant lequel l'inhalation des gaz contenus dans les spiromètres n'était pas interrompue, le test de Faverges, d'une durée de 25 m était commencé.

Les 17 sujets soumis à l'hypoxie la plus atténuée donnèrent, comparativement aux 17 témoins, des résultats peu significatifs.

Pendant les 11 premières minutes de l'épreuve, avec le test de Spearman, on trouve comme moyenne du nombre de points caractérisant les erreurs $1,768 \pm 0,63$ contre $0,765 \pm 0,22$ chez les témoins. Les résultats totaux sont un peu moins bons pendant les premières minutes de la respiration à l'atmosphère contenant 18,2 % d'oxygène, mais statistiquement la différence n'est pas significative. De la 16e à la 41e m de l'inhalation du mélange à 18,2 % d'oxygène, temps pendant lequel le test de Faverges est exécuté, aucun effet perturbateur ne se fait sentir sur les fonctions intellectuelles. Au contraire même, la moyenne du total des points obtenus par les 17 étudiants respirant le mélange sous-oxygéné est de $21,41 \pm 0,68$ contre $19,94 \pm 0,81$ avec l'air normal, chez les sujets témoins.

Dans cette seconde partie de l'épreuve, les différences ne sont pas non plus significatives.

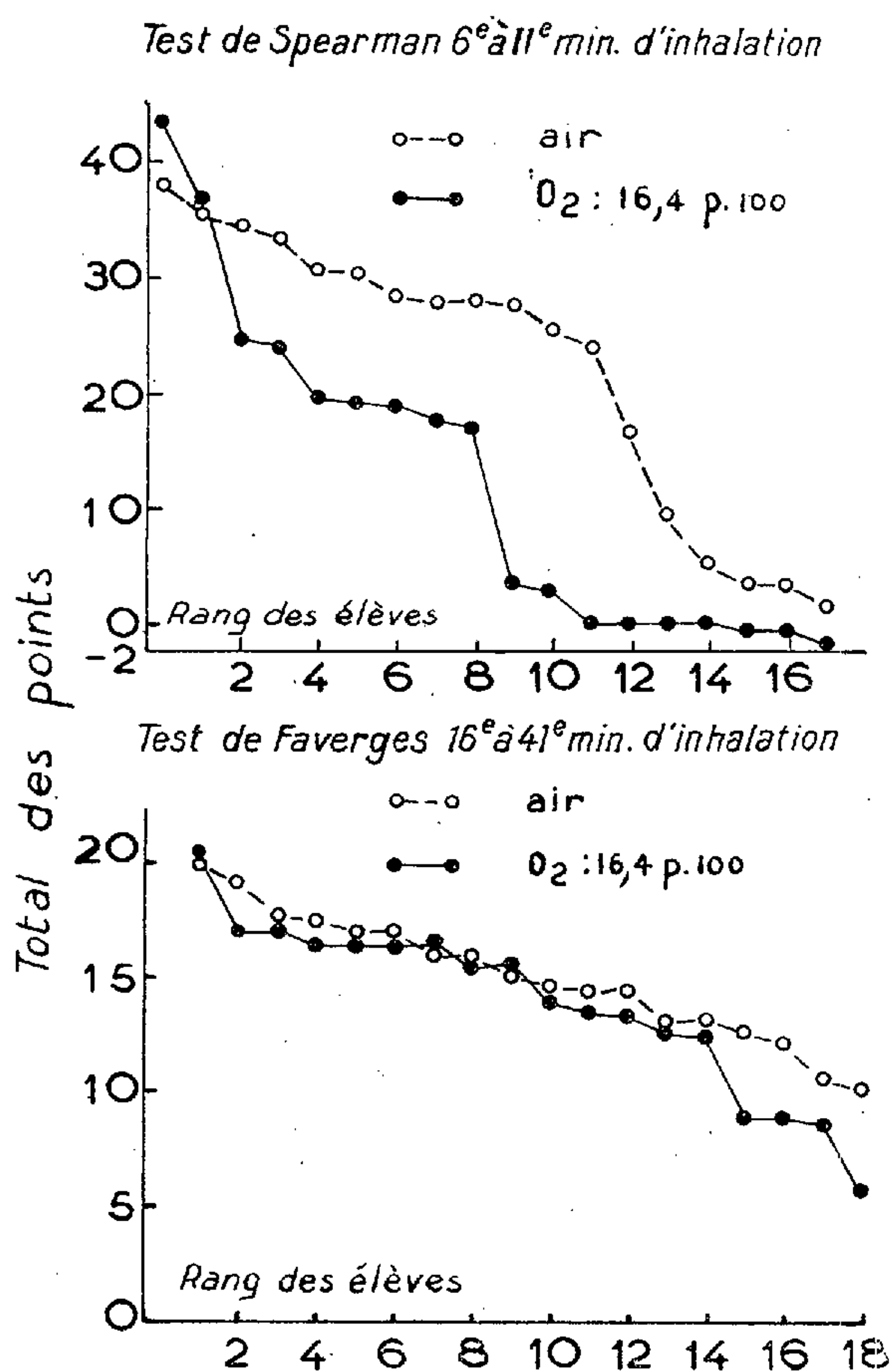
On peut conclure que l'abaissement de la tension partielle d'oxygène à 138,6 mm de mercure, dans l'air inhalé, n'altère sensiblement pas les fonctions intellectuelles. Il y a néanmoins une différence entre le compor-

---

(1) *Comptes rendus*, **232**, 1951, p. 1527.

tement des sujets pendant les premières minutes ou la phase tardive de la sous-oxygénation : effet défavorable initialement, effet heureux tardivement.

Une différence de même sens est mise en évidence avec l'atmosphère à 16,4 % d'oxygène : il y a une perturbation marquée dans les premières minutes et correction du trouble après la 11e m. 36 sujets ont servi à cette nouvelle étude. Les 18 élèves soumis à l'inhalation du mélange sous-



Effets de l'hypoxie sur les facultés intellectuelles de l'Homme.

oxygéné présentent au test de Spearman, de la 5e à la 11e m, un nombre moyen de points de $12,54 \pm 3,29$, tandis que les 18 témoins de même valeur intellectuelle présentent une moyenne de $22,46 \pm 2,85$ points à l'air. La différence est hautement significative. Le nombre des réponses correctes est réduit et les omissions sont plus fréquentes. L'analyse de l'exécution du test montre que la perturbation est la plus marquée pendant les 4 premières minutes du test. La plupart des sujets ne donnent aucune

réponse pendant cette période. Ils commencent à rédiger, une fois arrivés à la seconde page du test et ne peuvent le terminer pendant les 6 m imparties à son exécution. Quelques sujets particulièrement doués terminent rapidement et reviennent achever le test comme si, subitement, l'inhibition intellectuelle venait d'être levée. Les troubles les plus importants semblent correspondre à la phase d'hyperpnée initiale et disparaît avant la 10[e] m de l'inhalation. On compte néanmoins 4 sujets qui n'ont donné aucune réponse et 3 qui ont des réponses négatives; la pénalisation pour les erreurs ou omissions dépasse la valeur des réponses bonnes.

L'adaptation à l'hypoxie s'établit rapidement et le second test exécuté de la 16[e] à la 14[e] m de l'inhalation ne permet pas de mettre en évidence une différence statistiquement significative entre les sujets hypoxémiés et les témoins. Les moyennes du total des points obtenus avec le test de Faverges sont respectivement $13,9 \pm 0,88$ et $15,1 \pm 0,64$. Il y a une réponse un peu meilleure à l'air, à l'opposé du résultat observé avec le mélange contenant 18,2 % d'oxygène.

Ces épreuves nous permettent de conclure que le seuil de la réponse psychique à l'hypoxie s'observe déjà avec un taux d'oxygène supérieur à 16,4 % à la pression atmosphérique, mais on a dans les conditions où nous nous sommes placés, une adaptation qui se fait en moins de 10 m.

IMMUNOLOGIE. — *Étude expérimentale de la durée de l'infection latente et de la prémunition corrélative dans le paludisme.* Note (*) de M. **Edmond Sergent** et de feu **Étienne Sergent** (*in memoriam*).

Chez des canaris inoculés de paludisme à *Plasmodium relictum*, on a décelé l'existence d'une infection latente près de 6 ans plus tard. (La longévité moyenne des canaris est de 7 ans.) Les porteurs de germes latents ont présenté une forte résistance aux réinoculations. Cette résistance, contemporaine de l'infection, est de l'ordre de la prémunition et non de l'immunité proprement dite.

L'étude expérimentale du paludisme des passereaux à *Plasmodium relictum* inoculé à 649 canaris, observés leur vie durant, au cours de 14 années de recherches, a porté surtout sur la durée de l'infection latente métacritique et la durée de la prémunition concomitante. Les données numériques fournies par les résultats des expériences prennent toute leur valeur si on les compare au chiffre de la longévité moyenne des canaris, qui est de 7 ans.

L'existence d'une infection latente a été recherchée à l'aide de trois sortes de techniques. Les résultats des deux premières : 1° examen microscopique du sang circulant, qui ne peut porter pratiquement que sur 1/200 000 environ

(*) Séance du 16 juillet 1952.

de la quantité totale du sang; 2° inoculation à des canaris neufs de 1/5 du volume total du sang, prélevé par une saignée partielle, ne sont valables que s'ils sont positifs. La troisième technique seule donne des résultats certains, qu'ils soient positifs ou négatifs : inoculation à des canaris neufs de la masse totale du sang, additionnée du produit de broyage d'organes internes.

Nous avons observé, par l'emploi de ces techniques, 417 cas positifs d'infections latentes, chez des canaris qui avaient été inoculés depuis très longtemps, parfois depuis plusieurs années. Les infections latentes les plus longues ont été constatées chez trois canaris arrivés à un âge avancé et dont l'infection était entrée dans sa sixième année : 61 mois, 66 mois, 70 mois après la date de l'inoculation.

Mais la guérison parasitaire peut survenir très tôt. C'est ainsi qu'un canari, saigné à blanc 10 mois après son inoculation, et dont tout le sang et le tissu pulmonaire broyé furent inoculés à quatre canaris neufs, s'est révélé déparasité.

D'autres expériences ont porté sur la résistance conférée par une première atteinte de paludisme.

Des canaris au nombre de 77, inoculés au laboratoire, qui avaient survécu à l'accès aigu de première invasion et restaient donc porteurs d'une infection latente, ont été réinoculés après des espaces de temps variés, allant jusqu'à 4 ans et 6 mois. Tous ont présenté une résistance nette. Cette résistance n'était complète que dans quelques cas. Le plus souvent, elle n'était que relative, c'est-à-dire que quelques très rares parasites faisaient une apparition fugitive dans le sang circulant. Cette résistance incomplète avait été dénommée autrefois par Wasielewsky « immunité relative », expression que nous avons employée jusqu'en 1924, date à laquelle nous avons proposé, avec L. Parrot et A. Donatien, le terme de « prémunition ». Les parasites extrêmement rares qui étaient trouvés pendant quelques jours dans le sang des prémunis que l'on avait réinoculés offraient un contraste frappant avec les accès francs présentés par les canaris neufs inoculés en même temps que les anciens infectés pour leur servir de témoins. Chez ces derniers, le nombre des parasites a atteint la moitié du nombre des globules rouges et la mortalité, au cours de l'accès aigu, a été de 15 %.

La résistance conférée par la prémunition n'a pas de rapport avec l'ancienneté de l'infection. Elle n'est pas renforcée par des réinoculations répétées.

Alors que ces 77 canaris infectés depuis longtemps, quelques-uns depuis 4 ans, depuis 4 ans et 6 mois, ont conservé leur résistance, elle a disparu chez un 78[e] canari, réinoculé 3 ans et 10 mois après sa primo-inoculation : à la suite de la réinoculation, il a présenté un accès franc

aussi intense que celui des canaris neufs témoins et qui se termina par la mort.

Ainsi, des recherches expérimentales systématiques ont confirmé la notion que, dans le paludisme des Passereaux à *P. relictum*, la résistance conférée par une première atteinte est une prémunition : tant que dure l'infection latente métacritique, c'est-à-dire souvent jusqu'à la vieillesse de l'oiseau, l'état de prémunition persiste. Lorsque survient la guérison parasitaire (éventualité possible dès le 10e mois après l'inoculation, comme l'a montré l'une de nos observations), l'organisme déparasité redevient sensible à une réinoculation.

MICROSCOPIE ÉLECTRONIQUE. — *Étude au microscope électronique des poussières minérales renfermées dans les scléroses pulmonaires silicotiques.* Note de MM. **Albert Policard, André Collet** et Mlle **Lucette Ralyte.**

L'étude par microscopie électronique des fibroses pulmonaires silicotiques révèle la présence à leur niveau d'une quantité considérable de poussières minérales au delà de la visibilité microscopique (0,2 μ). Il n'y a pas de rapport direct entre la quantité de ces poussières et l'intensité de la fibrose en un point donné.

Dans le cadre des travaux sur les pneumoconioses des mineurs poursuivis au Centre d'Études et Recherches des Charbonnages de France, nous avons été amenés à préciser par microscopie électronique certains caractères des particules minérales submicroniques renfermées dans les masses fibreuses de poumons silicotiques. A la différence de recherches antérieures, ces particules ont été étudiées à leurs places dans le tissu fibreux pulmonaire et non après leur isolement par destruction chimique de ce tissu. L'obtention de coupes ultra-minces s'étant montrée irréalisable, le procédé de la dissociation a été utilisé. Les microphotographies obtenues ont permis les observations suivantes.

I. Bien que la dissociation entraîne le départ de beaucoup de particules, les lésions silicotiques en renferment des quantités abondantes. La plupart sont au-dessous des limites de la visibilité au microscope optique. Des mesures faites dans 11 préparations différentes, à des grossissements allant de 2 000 à 13 000, ont montré que 84 à 98 % des 1100 particules mesurées avaient moins de 0,5 μ et 34 à 84 %, moins de 0,1 μ. Certaines étaient de l'ordre de 250 Å. Ces données se superposent à celles de la granulométrie des poussières dans l'atmosphère des mines. Dans les deux cas, les particules submicroniques se montrent très abondantes.

II. Les particules semblent très adhérentes aux fibrilles collagènes constituant les lésions scléreuses. Cette adhérence paraît liée à la substance interfibrillaire conjonctive. On peut observer, autour de certaines par-

ticules, une zone aux limites vagues où la substance interfibrillaire semble avoir résisté à la trypsine utilisée dans la technique de la dissociation Les conditions de l'adhérence des particules est actuellement à l'étude. En tous cas, leur fixation au feutrage collagène paraît, en général, extrêmement solide. La possibilité d'un départ des particules paraît illusoire, sinon par dissolution ou dégénérescence nécrotique du feutrage collagène.

III. La quantité des particules submicroniques est très variable suivant les sujets et, pour un même poumon, suivant les points examinés de la lésion. Certaines zones, tout aussi fibreuses que les autres, apparaissent privées de particules. Il ne paraît pas y avoir de rapports directs entre la structure du feutrage collagène, sa densité et l'abondance des particules submicroniques.

IV. Les particules submicroniques ont généralement des formes anguleuses ou acidulées variées, rarement des formes sphéroïdes. Quelques-unes, relativement plus grosses (0,5 μ), sont lamelleuses et d'une certaine transparence aux électrons; peut-être se rattachent-elles aux micas et aux kaolins.

Ces constatations montrent l'importance du rôle joué par les particules submicroniques dans la détermination des pneumoconioses.

CORRESPONDANCE.

L'Académie est informée de la réunion du **XIIIe Congrès international de Chimie pure et appliquée** et de la **XVIIe Conférence de l'Union internationale de Chimie pure et appliquée**, qui auront lieu à Stockholm, du 21 juillet au 4 août 1953, et à Uppsala, du 5 au 7 août 1953.

M. le **Secrétaire perpétuel** signale parmi les pièces imprimées de la Correspondance :

1° *Essai de cartographie parcellaire de la Commune de Boissières (Gard). (Introduction à l'étude de la Vaunage)*, par Jean P. Barry.

2° Congo belge et Ruanda-Urundi. Service géologique. Mémoire n° 1. *L'éruption du volcan Gituro (Kivu, Congo belge) de mars à juillet* 1948, par Haroun Tazieff.

3° *Rendiconti del Circolo matematico di Palermo*. Serie II, Tomo I. Anno 1952, Fasciculo 1.

4° *Boletim da Sociedade portuguesa de matematica*, Vol. I, 1947-1951.

5° *Electrical Communication Laboratory Technical Journal*, Vol. I, n° 1 (Tokyo).

ALGÈBRE. — *Théorie relative des chaînes. I. Conformisme et correspondance.* Note de M. **Julian Petresco**, présentée par M. Paul Montel.

Conditions nécessaires et suffisantes reliant, dans un treillis, deux chaînes de mêmes extrémités qui satisfont à des propriétés de type Jordan ou de type Schreier, sans considérations d'isomorphisme; ces considérations seront introduites dans des Notes ultérieures.

Soient, dans un treillis,

$$\alpha:\quad U = A_0 \subseteq \ldots \subseteq A_{i-1} \subseteq A_i \subseteq \ldots \subseteq A_r = U^*,$$
$$\beta:\quad U = B_0 \subseteq \ldots \subseteq B_{j-1} \subseteq B_j \subseteq \ldots \subseteq B_s = U^*,$$

deux chaînes de mêmes extrémités (nous écrirons simplement par la suite : deux chaînes) et considérons leurs subdivisions au sens de Zassenhaus-Ore $\alpha_\beta^\cap$, $\beta_\alpha^\cap$ resp. $\alpha_\beta^\cup$, $\beta_\alpha^\cup$, d'éléments $A_{ij}^\cap = A_{i-1} \cup (A_i \cap B_j)$, $B_{ji}^\cap = B_{j-1} \cup (B_i \cap A_i)$ resp. $A_{ij}^\cup = A_i \cap (A_{i-1} \cup B_j)$, $B_{ji}^\cup = B_j \cap (B_{j-1} \cup A_i)$.

1. *Chaînes cosaturées.* — Deux chaînes α et β seront dites $\cap$-*cosaturées* si $\alpha_\beta^\cap = \alpha$, $\beta_\alpha^\cap = \beta$ (l'égalité de deux chaînes signifiant qu'elles se composent des mêmes éléments à des répétitions près); de façon analogue, deux intervalles [1] $A_{i-1} \subseteq A_i$ et $B_{j-1} \subseteq B_j$ seront dits $\cap$-*cosaturées* si $A_{i,j-1}^\cap \subseteq A_{ij}^\cup$ resp. $B_{j,i-1}^\cap \subseteq B_{ji}^\cap$ se réduisent soit à $A_{i-1} \subseteq A_i$, soit à $A_{i-1} = A_{i-1}$, soit à $A_i = A_i$ resp. soit à $B_{j-1} \subseteq B_j$, soit à $B_{j-1} = B_{j-1}$, soit à $B_j = B_j$.

Si α et β sont $\cap$-cosaturées, on obtient la $\cap$-*application canonique* $\mathfrak{A}_\beta^\cap$ de α dans β, en associant à chaque intervalle $A_{i-1} \subseteq A_i$ de α, l'intervalle $B_{j-1} \subseteq B_j$ de β tel que $A_{i,j-1}^\cap = A_{i-1}$, $A_{ij}^\cap = A_i$; au cas où $A_{i-1} = A_i$, l'intervalle associé sera par définition une quelconque répétition $B_{j-1} = B_j$ de β, univoquement déterminée, le cas échéant rajoutée à β. Si $\mathfrak{A}_\beta^\cap$ est *biunivoque* ainsi que l'application symétrique $\mathfrak{B}_\alpha^\cap$ de β dans α, nous dirons que α et β sont *canoniquement* $\cap$-*correspondantes;* il en résulte que $\mathfrak{A}_\beta^\cap$ et $\mathfrak{B}_\alpha^\cap$ sont également *réciproques* et que α et β ont *même longueur* (effective).

On dira d'autre part que les intervalles $A_{i-1} \subseteq A_i$ et $B_{j-1} \subseteq B_j$ sont $\cap$-*correspondants* si l'on a les relations de M. A. Châtelet [2] :

$$A_{i-1} \cap B_{j-1} = A_{i-1} \cap B_j = A_i \cap B_{j-1} \neq A_i \cap B_j \qquad \text{ou si} \qquad A_{i-1} = A_i,\ B_{j-1} = B_j.$$

Les deux chaînes α et β seront dites $J^\cap$-*correspondantes* si l'on a la propriété

---

(1) Nous appelons intervalle entre deux éléments A et A* d'un treillis, le sous-treillis des éléments X tels que $A \subseteq X \subseteq A^*$ (quotient, dans la terminologie de M. O. Ore) et nous écrivons cet intervalle : $A \subseteq A^*$; par intervalle d'une chaîne, nous désignons toujours un intervalle entre deux éléments consécutifs de la chaîne.

(2) *Revue Scientifique*, 1947, p. 579-596; *Ann. Sc. Ec. Norm.*, Paris, **64**, 1947, p. 339-368.

suivante de Jordan : il existe une correspondance biunivoque de leurs intervalles, telle que les intervalles associés soient $\cap$-correspondants.

On dira enfin que les deux chaînes α et β sont $Z^{\cap}$-*conformes* si l'on a l'équivalence suivante de H. Zassenhaus : $A_{i,j-1} = A_{ij}^{\cap} \rightleftharpoons B_{j,i-1} = B_{ji}^{\cap}$ pour tout i et j, et D-*conformes* si l'on a les relations de Dedekind : $A_{ij}^{\cap} = A_{ij}^{\cup}$, $B_{ji}^{\cap} = B_{ji}^{\cup}$. On peut définir également les notions duales de $\cup$-*cosaturation*, $\cup$-*correspondance* et $Z^{\cup}$-*conformisme*, ainsi que les notions autoduales de *correspondance* de deux intervalles (les relations de $\cap$-correspondance sont valables conjointement avec les relations duales de $\cup$-correspondance) et de J-*correspondance* de deux chaînes (correspondance biunivoque avec correspondance des intervalles).

Théorème d'équivalence de Jordan-Zassenhaus. — *Il est équivalent de dire que deux chaînes $\cap$ resp. $\cup$-cosaturées soient :*

$Z^{\cap}$-conformes, canoniquement $\cap$-correspondantes, $J^{\cap}$-correspondantes resp. $Z^{\cup}$-conformes, canoniquement $\cup$-correspondantes, $J^{\cup}$-correspondantes.

Théorème (autodual) d'équivalence de Jordan-Dedekind. — *Il est équivalent de dire que deux chaînes $\cap$ et $\cup$-cosaturées soient :*

D-*conformes*, $Z^{\cap}$ *et* $Z^{\cup}$-*conformes, canoniquement $\cap$ et $\cup$-correspondantes,* $J^{\cap}$ *et* $J^{\cup}$-*correspondantes*, J-*correspondantes.*

2. *Chaînes quelconques.* — Le $Z^{\cap}$-conformisme précédemment introduit n'est pas susceptible d'être utilisé dans les théorèmes de type Schreier. On introduira alors la notion de $O^{\cap}$-*conformisme* de deux chaînes α et β, définie par les relations de R. Croisot ([3]) : $A_i \cap B_{j,i-1} = B_j \cap A_{i,j-1}$, valables pour tout i et j; cette notion, plus forte que celle de $Z^{\cap}$-conformisme, lui est équivalente, dans le cas des chaînes $\cap$-cosaturées. On dira par ailleurs que les chaînes α et β sont $S^{\cap}$-*correspondantes* si l'on a la propriété suivante de Schreier : $\alpha_{\beta}^{\cap}$ et $\beta_{\alpha}^{\cap}$ sont $\cap$-cosaturées et $J^{\cap}$-correspondantes. On introduira de même les notions duales de $O^{\cup}$-*conformisme* et de $S^{\cup}$-*correspondance*, et l'on définira la notion autoduale de S-*correspondance* par l'une des deux propriétés équivalentes :

$\alpha_{\beta}^{\cap}$ et $\beta_{\alpha}^{\cap}$ sont $\cap$-cosaturées et J-correspondantes;

$\alpha_{\beta}^{\cup}$ et $\beta_{\alpha}^{\cup}$ sont $\cap$-cosaturées et J-correspondantes.

α et β étant $O^{\cap}$-conformes, $\alpha_{\beta}^{\cap}$ et $\beta_{\alpha}^{\cap}$ sont également $O^{\cap}$-conformes et de plus $\cap$-cosaturées.

Cette propriété d'*invariance par subdivision* de Zassenhauss-Ore, mise en évidence par M. R. Croisot ([3]), est d'allure analogue à certaines propositions de M. O. Ore ([4]) relatives aux chaînes « cross-cut permutable » de sous-groupes; *mais on a aussi la propriété réciproque :*

$\alpha_{\alpha}^{\cap}$ et $\beta_{\beta}^{\cap}$ étant $O^{\cap}$-conformes, α et β sont également $O^{\cap}$-conformes.

A l'aide de ces deux propriétés et du théorème de Jordan-Zassenhaus ci-dessus, on montre le :

([3]) *Comptes rendus*, 226, 1948, p. 767.

([4]) *Duke Math. J.*, 3, 1937, p. 162-174; 5, 1939, p. 431-460.

THÉORÈME D'ÉQUIVALENCE DE SCHEIER-ORE. — *Il est équivalent de dire que deux chaînes soient :*

$O^{\cap}$-*conformes ou* $S^{\cap}$-*correspondantes;* $O^{\cup}$-*conformes ou* $S^{\cup}$-*correspondantes.*

Par un calcul analogue, on met en évidence que le D-conformisme satisfait également aux deux propriétés d'invariance, c'est-à-dire que :

α *et* β *étant* D-*conformes,* $\alpha_\beta^\cap = \alpha_\beta^\cup$ *et* $\beta_\alpha^\cap = \beta_\alpha^\cup$ *sont* D-*conformes et de plus* $\cap$ *et* $\cup$-*cosaturées; réciproquement, si* $\alpha_\beta^\cap$ *et* $\beta_\alpha^\cap$ *sont* D-*conformes,* α *et* β *sont* D-*conformes,* de sorte qu'on a aussi :

THÉORÈME (AUTODUAL) D'ÉQUIVALENCE DE SCHREIER-DEDEKIND. — *Il est équivalent de dire que deux chaînes soient* D-*conformes ou* S-*correspondantes.*

THÉORIE DES FONCTIONS. — *Sur une généralisation des fonctions analytiques.* Note (*) de M. **RENATO CACCIOPPOLI**, présentée par M. Paul Montel.

1. Poursuivant l'étude des fonctions pseudo-analytiques esquissée dans ma Note *Sur une généralisation des fonctions analytiques et des familles normales* (1), je me propose d'étendre à ces fonctions les théorèmes de Schottky, Bloch, Landau.

Désignons toujours par $F(r)$ l'aire de l'image du cercle $C(r)$ dans la transformation pseudo-conforme T, et par $\omega(r)$, l'oscillation de $w(z)$ dans $C(r)$. On déduit des inégalités (3) de la Note précédente, en y faisant $r=\sqrt{R\rho}$,

$$\omega(\rho) < \frac{2\pi K}{\mu}\,\frac{1}{\log\dfrac{R}{\rho}}. \tag{1}$$

Si $w(z)$ est obtenue au moyen d'une transformation de Bloch appliquée à une fonction aux valeurs exceptionnelles 0, 1, l'inégalité isopérimétrique conditionnée est vérifiée. Le *théorème généralisé de Schottky* est alors une conséquence immédiate de l'inégalité (1).

2. En majorant l'aire $F(r)=\int_{C(r)} J\,dx\,dy$ à l'aide de l'inégalité isopérimétrique ordinaire, et en tenant compte des conditions de définition de la fonction pseudo-analytique w, on obtient facilement l'inégalité différentielle $\rho F'(\rho) \geqq 2\mu F(\rho)$, d'où l'on tire :

$$r^{-2\mu}F(r) \geqq r_0^{-2\mu}F(r_0) \qquad (r > r_0). \tag{2}$$

P étant le centre de $C(r_0)$, posons $H(P, r_0)=r_0^{-2\mu}F(r_0)$. $H(P, r_0)$ peut s'appeler (en faisant abstraction d'un facteur $\pi^{-\mu}$) un *coefficient de dilatation*

(*) Séance du 16 juillet 1952.

(1) *Comptes rendus*, 235, 1952, p. 116.

superficielle, höldérien, avec l'exposant μ pour le domaine circulaire $C(r_0)$ du point P, dans la transformation T.

Supposons que la première des inégalités (3) de la Note précédente soit vérifiée pour une certaine valeur de K, on aura, d'après (2),

$$(3) \qquad H(P, r_0) < \frac{2\pi K^2}{\mu}\left(r^{2\mu}\log\frac{R}{r}\right)^{-1} \qquad (R > r > r_0).$$

Soit $(2\pi K^2/\mu)\lambda(R)$ le minimum du second membre : r_0 étant donné, K^2 se trouve inférieurement borné par $(\mu/2\pi)\lambda^{-1}(R)H(P, r_0)$. Or ceci implique une limite inférieure pour le rayon maximum δ des cercles du plan w entièrement recouverts par l'image du cercle C(R); car le coefficient K de l'inégalité isopérimétrique conditionnée est infiniment petit avec δ.

Ce résultat généralise le théorème de Bloch [1], autant qu'il est possible : le coefficient höldérien H remplace le carré du module de la dérivée [2]; il tend d'ailleurs presque partout vers zéro quand $r_0 \to 0$, sauf quand $\mu = 1$, sa limite étant alors $\pi|w'(z)|^2$ [3].

3. On obtient de même une généralisation analogue du *théorème de Landau*. Il suffit d'appliquer (3) [comme (1) pour le théorème de Schottky] à la transformée de Bloch, et de remarquer que $\lim_{R\to\infty}\lambda(R) = 0$: ceci implique pour R l'existence d'une limite supérieure, fonction de $w(P)$ et de $H(P, r_0)$, infinie avec $1/H$. Si $\mu = 1$, on peut faire tendre r_0 vers zéro, retrouvant ainsi la dérivée.

4. Il ressort de notre analyse que la plupart des résultats se rattachant à la découverte de Picard tiennent moins à la nature spéciale des fonctions analytiques [4] qu'à de simples propriétés géométriques de transformations très générales : le caractère « monotone » et une certaine « régularité ». Landau disait que son théorème, qu'il aurait suffi de démontrer pour des polynomes, semblait aussi caché pour un polynome que pour une fonction transcendante. On pourrait ajouter qu'il l'était même davantage, en ce qu'il exprimait un fait plutôt géométrique qu'algébrique.

---

(1) Du moins selon l'énoncé simplifié de Landau (*Ergebnisse der Funktionentheorie*), en admettant même des cercles à plusieurs feuillets.

(2) δ se trouve inférieurement borné proportionnellement à $\sqrt{H}$.

(3) Si $\mu < 1$, la limite de H peut tout de même, exceptionnellement, être positive; c'est ce qui arrive aux points où $w(z)$ vérifie une condition stricte de Hölder. Pour certaines conséquences qu'on peut tirer d'une pareille condition, *voir* Pfluger, *Ann. Inst. Fourier*, 2, n° 8, 1950.

(4) Le fondement essentiellement topologique du premier théorème de Picard a été mis en lumière par les recherches de M. Ahlfors (*Acta Math.*, 65, 1935).

MÉCANIQUE DES FLUIDES. — *Sur les ondes de pesanteur à deux dimensions d'énergie finie*. Note (*) de MM. **Joseph Kampé de Fériet** et **Jack Kotik**, présentée par M. Louis de Broglie.

1. Nous considérons le mouvement à deux dimensions d'un liquide pesant de profondeur infinie; nous supposons donnée *la forme initiale de la surface libre, le fluide étant abandonné sans vitesse initiale ;* nous obtenons la solution dans le cas où *l'énergie totale* (par unité de longueur normale au plan du mouvement) *est finie,* en fournissant l'expression du *potentiel des vitesses;* nous prouvons qu'elle satisfait aux conditions générales (A), (B) et (C) de la théorie linéarisée des ondes de pesanteur et aux conditions initiales particulières (I_1) et (I_2). Le liquide ([1]) occupe le demi-plan ($-\infty < x < +\infty$, $y \geq 0$); nous désignerons par $\overline{D}$ et D les ensembles :

$$\overline{D} = \{x, y, t;\quad -\infty < x < +\infty,\quad y \geq 0,\quad -\infty < t < +\infty\},$$
$$D = \{x, y, t;\quad -\infty < x < +\infty,\quad y > 0,\quad -\infty < t < +\infty\}.$$

2. Soit $F(x)$ une fonction réelle ($-\infty < x < +\infty$) satisfaisant ([2]) à (a) $F(-x) = F(x)$; (b) $F(x) \in L^2$; (c) $F(x)$ absolument continue; (d) $F'(x) \in L^2$; soit $f(\lambda)$ sa transformée de Fourier ([3]) :

$$(1)\qquad f(\lambda) = -\frac{2}{\pi}\ \underset{A \to +\infty}{\text{l. e. m}} \int_0^A \cos\lambda x\, F(x)\, dx.$$

Des hypothèses faites sur $F(x)$, on déduit

$$(2)\qquad f(\lambda) \in L^2;$$

$$(3)\qquad \lambda f(\lambda) \in L^2;$$

$$(4)\qquad |\lambda|^\alpha f(\lambda) \in L \qquad \left(0 \leq \alpha < \frac{1}{2}\right);$$

$$(5)\qquad F(x) = -\int_0^{+\infty} \cos\lambda x\, f(\lambda)\, d\lambda$$

3. Pour une surface libre initiale $\eta = F(x)$, le potentiel des vitesses est donné par la formule

$$(6)\qquad \Phi(x, y, t) = \int_0^{+\infty} e^{-\lambda y} \frac{\sin\sqrt{\lambda}\, t}{\sqrt{\lambda}} \cos\lambda x\, f(\lambda)\, d\lambda.$$

1° $\Phi(x, y, t)$ est continue dans $\overline{D}$.

(*) Séance du 16 juillet 1952.

([1]) Pour simplifier, les unités sont telles que : masse spécifique $\rho = 1$ et accélération de la pesanteur $g = 1$.

([2]) La condition (a) simplifie les formules, mais peut facilement être supprimée.

([3]) l. e. m. = limite en moyenne quadratique.

2° Toutes les dérivées de Φ existent et sont continues dans D; elles s'obtiennent en dérivant sous le signe somme; par exemple :

(7) $$\Phi_y(x, y, t) = -\int_0^{+\infty} e^{-\lambda y} \sin\sqrt{\lambda}\, t \cos\lambda x \sqrt{\lambda} f(\lambda)\, d\lambda \quad \text{dans D};$$

de ces expressions on déduit

(A) $$\Phi_{xx} + \Phi_{yy} = 0 \quad \text{dans D};$$

(B) $$\Phi_{tt} = \Phi_y \quad \text{dans D}.$$

3° Le fluide est initialement au repos, car on déduit de (7) et de son analogue :

(I_1) $$\Phi_x(x, y, 0) = \Phi_y(x, y, 0) = 0 \quad \text{dans D}.$$

4° $\Phi_t(x, y, t)$ existe dans $\overline{\mathrm{D}}$ et s'obtient en dérivant sous le signe somme; l'élévation de la surface libre est donc donnée par

(8) $$\eta(x, t) = -\Phi_t(x, 0, t) = -\int_0^{+\infty} \cos\sqrt{\lambda}\, t \cos\lambda x f(\lambda)\, d\lambda,$$

d'où, d'après (5), à l'instant initial :

(I_2) $$\eta(x, 0) = \mathrm{F}(x).$$

L'énergie (par unité de longueur normale au plan) a pour valeur à cet instant :

$$\frac{1}{2}\int_{-\infty}^{+\infty} \eta(x, 0)^2\, dx = \int_0^{+\infty} \mathrm{F}(x)^2\, dx;$$

elle est donc bien finie en vertu de (b).

5° Si dans (8) on pose $\lambda = \xi^2$, η apparaît comme une transformée de Fourier par rapport à t :

$$\eta(x, t) = \int_0^{+\infty} \cos\xi t\, \varphi(\xi, x)\, d\xi, \qquad \varphi(\xi, x) = -2\xi \cos\xi^2 x\, f(\xi^2).$$

D'après (3), $\xi\varphi(\xi, x) \in \mathrm{L}^2$; soit

$$\theta(x, t) = \underset{\mathrm{A} \to +\infty}{\mathrm{l.\ e.\ m.}} \int_0^{\mathrm{A}} \sin\xi t\, \xi\varphi(\xi, x)\, d\xi.$$

En vertu du théorème de Plancherel, pour chaque x donné, on a pour presque tout t : $\eta_t(x, t) = -\theta(x, t)$. En faisant le même changement de variable dans (7), il est aisé de prouver que pour chaque x et presque tout t :

$$\lim_{y \to +0} \Phi_y(x, y, t) = \theta(x, t).$$

Comme Φ_y est une fonction continue de y pour $y \geq 0$, on a donc enfin

(C) $$\eta_t(x, t) = -\Phi_y(x, 0, t)$$

pour chaque x donné et pour presque tout t.

6° Remarquons que, en vertu du théorème de Riemann-Lebesgue :

$$\lim_{|x|\to+\infty} \eta(x, t) = \lim_{|t|\to+\infty} \eta(x, t) = 0$$

et que $\eta(x, t) \in L^2$ aussi bien par rapport à t que par rapport à x.

MÉCANIQUE CÉLESTE. — *Étude numérique du mouvement séculaire de l'axe terrestre.* Note (*) de Mme **Henri Berthod-Zaborowski**, MM. **Marcel Mayot** et **Henri Mineur**, présentée par M. Jean Chazy.

1. Dans un travail théorique ([1]), l'un de nous a intégré par la méthode de la variation des constantes les équations qui régissent le mouvement de l'axe terrestre lorsqu'on connaît le mouvement séculaire de l'écliptique.

Dans une Note récente ([2]), un autre d'entre nous a établi les formules numériques qui donnent le mouvement séculaire de l'écliptique d'après la théorie de Lagrange en tenant compte de la planète Pluton.

Le présent travail a pour but le calcul numérique du mouvement séculaire de l'axe terrestre en se basant sur les deux travaux précités.

2. Nous prenons les axes xy dans le plan invariable du système solaire, dont le pôle a pour coordonnées

$$\alpha = 274^\circ 4',3, \qquad \delta = 66^\circ 58',5 \qquad (1900,0),$$

Ox se trouvant dans l'équateur.

La position initiale du pôle terrestre M est

$$x = 0, \qquad y = 0,391\,13, \qquad z = 0,920\,33.$$

Le mouvement du pôle de l'écliptique est donné par la théorie de Lagrange :

$$\alpha = \sum_{i=1}^{n=1} M_i \sin(\nu_i t + \mu_i), \qquad \beta = -\sum_{i=1}^{n=1} M_i \cos(\nu_i t + \mu_i).$$

Le mouvement séculaire du pôle de l'équateur est défini par le système

$$\frac{dx}{dt} = \omega\beta z - \omega\gamma y, \qquad \frac{dy}{dt} = \omega\gamma x - \omega\alpha z, \qquad \frac{dz}{dt} = \omega\alpha y - \omega\beta x,$$

avec $\omega = -54'',95 \cos\varepsilon'$, ε' désignant l'obliquité de l'écliptique.

A l'étude du mouvement de M, nous avons substitué celle du point $m(\xi, \eta, \zeta)$

(*) Séance du 16 juillet 1952.

([1]) *Bull. Astron.*, **13**, 1947, p. 197-252, et *Contributions de l'Institut d'Astrophysique,* série A, n° **9**, 1947.

([2]) *Comptes rendus*, **234**, 1952, p. 2587.

obtenu par la rotation

$$\theta = \int_0^t \omega\, dt$$

de M autour de P. Les équations du problème sont alors (¹) :

$$\frac{d\xi}{dt} = Q\zeta - R\eta, \qquad \frac{d\eta}{dt} = R\xi - P\zeta, \qquad \frac{d\zeta}{dt} = P\eta - Q\xi, \qquad \frac{d\theta}{dt} = \omega_1(\alpha\xi + \beta\eta + \gamma\zeta),$$

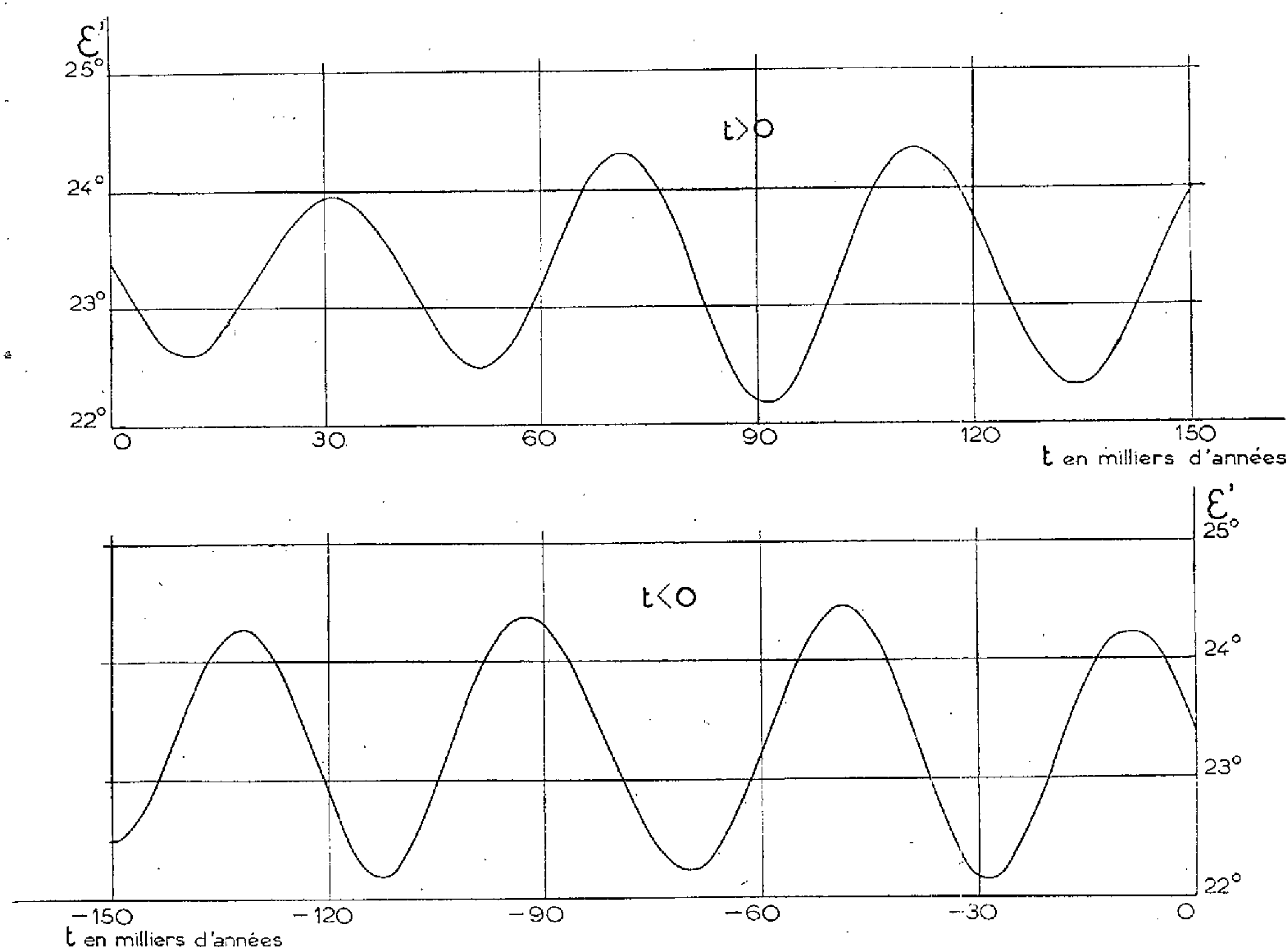
où l'on a

$$P = -\sin\theta\frac{d\alpha}{dt} - (1-\cos\theta)\gamma\frac{d\beta}{dt} + (1-\cos\theta)\beta\frac{d\gamma}{dt},$$

$$Q = (1-\cos\theta)\gamma\frac{d\alpha}{dt} - \sin\theta\frac{d\beta}{dt} - (1-\cos\theta)\alpha\frac{d\gamma}{dt},$$

$$R = -(1-\cos\theta)\beta\frac{d\alpha}{dt} + (1-\cos\theta)\alpha\frac{d\beta}{dt} - \sin\theta\frac{d\gamma}{dt}.$$

3. Ce système a été intégré pas à pas par la méthode purement numérique d'Adams. Les variations de ε' pour 150 000 ans dans le passé et dans l'avenir sont représentées sur la figure ci-jointe.



L'obliquité de l'écliptique varie dans cet intervalle de temps entre 22°9′33″ et 24°27′2″. Sans être périodiques, ses variations ont une allure presque périodique, avec une période approximative de 43 000 ans. Voici les dates en

milliers d'années des maxima et des minima, comptées à partir de 1900,0, ainsi que les valeurs correspondantes de l'obliquité :

Maxima.	Date..........	−131,8	−92,5	−48,6	−9,3
	Obliquité......	24°16′6″	24°21′43″	24°27′2″	24°12′52″
Minima.	Date..........	−150,6	−112,8	−70,1	−28,7
	Obliquité......	22°29′38″	22°11′24″	22°13′51″	22°9′33″
Maxima.	Date..........	+31,1	+71,3	+112,0	–
	Obliquité......	23°55′41″	24°17′59″	24°20′57″	–
Minima.	Date..........	+10,5	+51,5	+91,2	+133,9
	Obliquité......	22°35′17″	22°29′9″	22°10′21″	22°19′15″

Dans le même intervalle de temps, la constante de la précession varie entre 50″,11 et 50″,90.

ASTROPHYSIQUE. — *Sur la classification de quelques groupes stellaires.* Note (*) de M. **Jacques Berger**, présentée par M. André Danjon.

1° Eggen a montré (1) que les amas stellaires sont représentés dans le diagramme de Russell-Hertzsprung par des alignements très caractéristiques qui traduisent sans doute une parenté dans les propriétés des étoiles composantes. Il était intéressant de voir si les points représentatifs des mêmes étoiles continuent à se grouper de façon particulière lorsqu'on les porte sur un graphique à deux dimensions, analogue à celui qui a été récemment décrit (2) et dans lequel les coordonnées traduisent des propriétés physiques très différentes de la magnitude absolue et de la couleur : ces coordonnées sont ici la discontinuité de Balmer D et une longueur d'onde λ_1 qui s'apparente avec la limite pratique de la série de Balmer.

La première étude de ce genre a été faite sur les 18 composantes les plus brillantes des Pléïades. Les grandeurs D et λ_1 ont été déterminées sur des spectres de ces étoiles fournis par le petit spectrographe à prisme objectif (3) qui a été récemment décrit (2) fixé au foyer Cassegrain du télescope de 80 cm de l'Observatoire de Haute-Provence. Le tableau I donne les résultats. Sur le graphique de la figure 1, identique à celui donné dans le travail de D. Chalonge et L. Divan (2), on a rajouté les points figuratifs (+) correspondant aux étoiles étudiées : ils sont tous contenus dans l'étroite bande marquée P. Dans ce mode de représentation, les étoiles des Pléïades forment donc encore un alignement bien net.

(*) Séance du 16 juillet 1952.

(1) *Voir* en particulier : *Ap. J.*, **111**, 1950, p. 65.

(2) D. Chalonge et L. Divan, *Comptes rendus*, **234**, 1952, p. 2343.

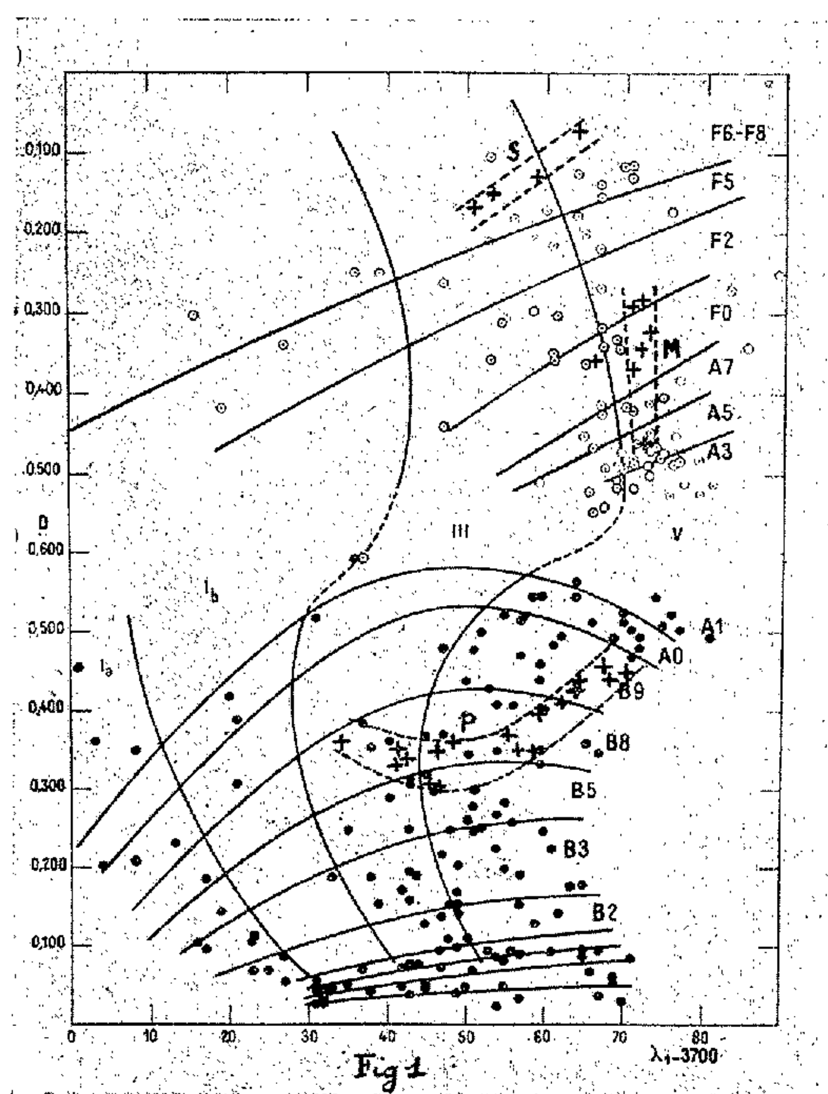
(3) D. Chalonge, *l'Astronomie*, **65**, 1951, p. 91.

TABLEAU I. — *Les Pléïades* (4).

★.	D.	$\lambda_1 - 3700$.	★.	D.	$\lambda_1 - 3700$.
HD 23 302.....	0,34	42	HD 23 753.....	0,36	48
23 338.....	305	45	23 850.....	35	41
23 480.....	305	46	23 441.....	41	62
23 324.....	35	58	23 568.....	43	64
23 408.....	33	41	23 873.....	44	64
23 630.....	36	34	23 923.....	40	59
23 288.....	35	56	23 632.....	46	67
23 432.....	37	55	23 642.....	45	70
23 862 (4)..	35	46	24 076.....	44	68

Des déterminations analogues sont en cours pour les Hyades et l'amas de Persée.

2° Une étude analogue a été faite sur un certain nombre d'étoiles à raies métalliques (dont plusieurs sont membres des Hyades); les résultats (λ_1, D,



type spectral) sont contenus dans le tableau II. Tous les points figuratifs (+) se placent dans une autre étroite bande marquée M, avec la seule exception de HD 28 226 (75 Hyades) dont le λ_1 n'a pas été obtenu avec précision.

(4) Pour HD 23 862 (Pléïone), la valeur de D portée dans le tableau I est celle déterminée par A.-M. Fringant, en supprimant l'effet de shell. Il est intéressant de constater que cette correction ramène dans la zone P l'étoile que sa discontinuité réelle aurait fait placer au-dessus.

TABLEAU II. — *Étoiles à raies métalliques.*

★.	D.	$\lambda_1 - 3700$.	Type.	★.	D.	$\lambda_1 - 3700$.	Type.
ρ U Ma ft........	0,46	73	A 5 V	HD 28 226.....	0,36	66	F 0 IV–V
15 U Ma.........	34	72	F 0 V	63 Tau........	32	73	F 0 V
τ U Ma..........	28	72	F 2 V	14 Ori........	29	71	F 2 V
16 Ori..........	37	71	F 0 V				

Les types spectraux déterminés sont, comme il fallait s'y attendre, voisins des types obtenus à partir des raies de l'hydrogène ([5]).

3° Les quatre points (+) contenus dans la bande marquée S représentent les sous-naines qui ont été étudiées précédemment ([6]). Il est visible que la classe de luminosité qui résulte de leur position sur le graphique ne correspond pas à la réalité.

Pour des étoiles telles que les sous-naines (et peut-être aussi les étoiles à raies métalliques) dont l'abondance en hydrogène diffère de celles des étoiles normales, le réseau de courbes de la figure 1 ne permet pas d'exprimer correctement le type spectral.

ÉLECTRONIQUE. — *Nouveaux tubes oscillateurs à large bande d'accord électronique pour hyperfréquences.* Note (*) de MM. **Pierre Guénard, Oskar Dœhler, Bernard Epsztein** et **Robert Warnecke**, présentée par M. Camille Gutton.

Autour d'une ligne à structure périodique de pas p, siège d'ondes électromagnétiques, il apparaît un champ dont la répartition dans l'espace est périodique; les champs de deux cellules voisines de la ligne ont la même répartition spatiale et présentent une différence de phase ψ. Si, le long de cette ligne, on injecte un faisceau d'électrons de vitesse v_e, il y a interaction entre le faisceau et la ligne lorsque la vitesse des électrons est telle qu'ils rencontrent les champs des cellules successives dans la même phase, ou sensiblement dans la même phase. Cette condition s'écrit d'une façon générale

$$\frac{\omega p}{v_e} = \psi + 2k\pi \qquad (k = 0, \pm 1, \pm 2, \ldots).$$

en attribuant une valeur positive à v_e pour les électrons qui se dirigent dans le même sens que l'énergie dans la ligne et une valeur négative dans le cas

([5]) N. G. Roman, W. W. Morgan et O. J. Eggen, *Ap. J.*, 107, 1948, p. 107.

([6]) J. Berger, R. Canavaggia, D. Chalonge et A.-M. Fringant, *Comptes rendus*, 232, 1951, p. 2079.

(*) Séance du 16 juillet 1952.

contraire. Cette condition signifie que la vitesse des électrons coïncide avec la vitesse de phase de l'une des ondes « directes » ou « inverses » ([1]) qui se propagent simultanément dans la ligne. Ces deux cas conduisent à deux types de tubes de propriétés différentes : on peut le voir en imaginant que le couplage entre le faisceau et la ligne se fait par l'intermédiaire de fentes; l'action du champ de ces fentes provoque la formation de paquets d'électrons dans le faisceau. Lorsque ces paquets passent devant une fente, ils excitent dans la ligne deux ondes O_1 et O_2 dont l'énergie se propage à partir de cette fente et l'action du faisceau F sur la ligne L se traduit par la superposition des ondes qu'il excite à travers les fentes successives. Lorsque la vitesse du faisceau est égale à la vitesse d'une onde « directe », les ondes O_1 excitées dans les différentes fentes et dont l'énergie se propage dans le sens du faisceau ont la même phase et ajoutent leurs effets, les ondes O_2 ont des phases différentes et se détruisent presque complètement (*fig.* 1). L'énergie transportée par la ligne



Fig. 1.

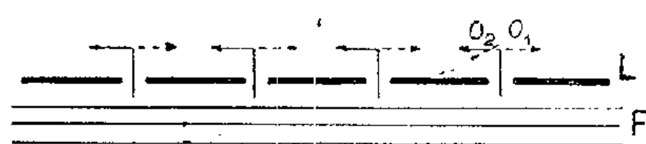


Fig. 2.

croît dans le sens du mouvement des électrons et le tube peut être utilisé en amplificateur. C'est sur ce principe que sont basés les tubes électroniques connus sous le nom d'amplificateurs à ondes progressives. Lorsque la vitesse du faisceau est égale à celle d'une onde inverse, les ondes O_2 dont l'énergie se propage en sens inverse du faisceau ont la même phase et s'ajoutent (*fig.* 2). L'amplitude du champ transporté par la ligne croît donc vers l'origine du faisceau et l'énergie créée par l'action du faisceau électronique, se déplace en sens inverse de celui-ci. L'interaction fournit le principe de nouveaux tubes oscillateurs ([2]). La fréquence d'oscillation de ces tubes est déterminée par le fait que la vitesse des électrons doit être voisine de celle d'une onde inverse. Elle varie donc avec la vitesse des électrons en suivant la courbe de dispersion de la ligne utilisée.

Ce principe ([3]) a été appliqué sous deux formes que représentent schématiquement les figures 3 et 4 et auxquelles on a donné le nom de carcinotron O et carcinotron M. Dans le carcinotron O, le faisceau se déplace au voisinage de la ligne dans un espace au potentiel V, la vitesse des électrons étant ainsi $\sqrt{2eV/m}$, ce qui, avec la caractéristique de dispersion de la ligne, fixe la loi de

---

([1]) P. GUÉNARD, O. DOEHLER et R. WARNECKE (référence Note précédente).

([2]) On a donné à un tel oscillateur le nom de « carcinotron » d'après καρκινος (écrevisse), pour indiquer que l'énergie se propage dans le sens inverse des électrons.

([3]) BERNARD EPSZTEIN, Demande de brevet français numéro provisoire **608 149** du 13 avril 1951.

variation de la fréquence avec la tension. Le calcul donne, dans ce cas, pour le courant d'accrochage, la valeur

$$I_a = \pi^3 \frac{V}{R l^3} \frac{v_c}{\omega},$$

où R est la résistance de couplage du faisceau, l la longueur de la ligne.

Dans le carcinotron M, le faisceau se déplace dans des champs électrique et magnétique croisés V/d et B; la vitesse d'entraînement des électrons est alors

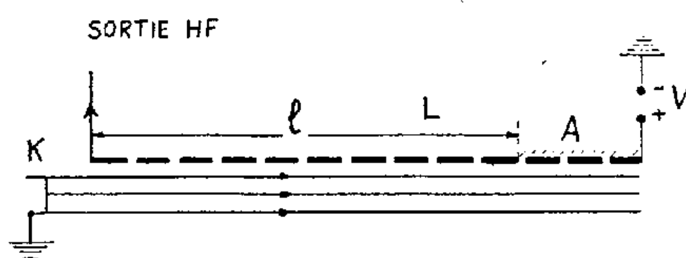


Fig. 3.

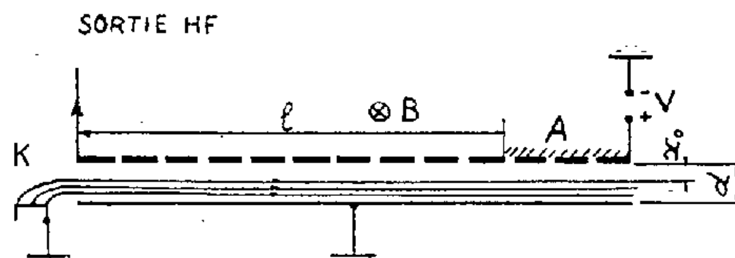


Fig. 4.

$v_e = V/dB$ et la fréquence d'oscillation dépend à la fois du champ électrique et du champ magnétique. Le calcul donne, pour le courant d'accrochage,

$$I_a = \left(\frac{\pi}{2}\right)^2 \frac{V}{R l^2} \frac{\mathrm{T}h \frac{\omega}{v_e} x_0}{\frac{\omega}{v_e} d}.$$

Les effets de charge d'espace modifient ce courant d'accrochage, l'augmentant dans le premier cas, le réduisant dans le second. Dans les deux cas l'énergie est prélevée à l'extrémité de la ligne voisine du canon à électrons, l'autre extrémité étant terminée de telle sorte que soient évitées des réflexions multiples entre les deux extrémités de la ligne.

PHYSIQUE NUCLÉAIRE. — *Spectre d'électrons de conversion interne émis dans la transmutation radiothorium → thorium* X. Note de MM. **Salomon Rosenblum**, **Manuel Valadares** et **Marcel Guillot**, transmise par M. Frédéric Joliot.

Au cours de l'étude du spectre d'électrons de conversion émis dans la transmutation ThX → Tn ([1]), nous avons eu l'occasion de réexaminer le spectre du ThX* (excité par le départ des rayons α du groupe α_1 de structure fine du RTh).

Les recherches antérieures de Meitner ([2]) et de Surugue et Tsien ([3]) avaient

---

([1]) Rosenbulm, Valadares et Guillot, *Comptes rendus*, **234**, 1952, p. 1767.

([2]) *Z. Physik*, **52**, 1928, p. 637.

([3]) *Comptes Comptes*, **213**, 1941, p. 172.

montré que ce spectre était constitué par quatre raies (Meitner avait observé encore deux raies de faible énergie et intensité, dont l'existence n'a pas pu être confirmée par Surugue et Tsien et que nous ne trouvons pas non plus). Grâce au meilleur pouvoir séparateur du spectrographe β employé, nous avons pu mettre en évidence que deux de ces raies étaient, en réalité, des doublets.

Le tableau suivant contient les résultats précédents et ceux que nous avons obtenus pour les valeurs des H. R.; pour rendre les résultats comparables, nous avons corrigé tous les chiffres en admettant pour HR de la raie F du spectre du ThB la valeur 1388,55 Oe.cm donnée par Lindström ([4]).

			Présent travail		
Raies.	Meitner HR.	Surugue et Tsien HR.	HR (Oe.cm).	E (keV).	Intensités.
A................	885	886	892	65,8	100
B................	905	909	914	68,9	84
C................	981	986	988	79,7	29
C_1................	–	–	993	80,4	23
D................	1003	1009	1012	83,3	13
D_1................	–	–	1018	84,0	2

Les intensités relatives des six raies que nous avons observées ont été déterminées à l'aide d'un microphotomètre Vassy.

En ce qui concerne l'interprétation de ce spectre d'électrons de conversion, Meitner avait admis primitivement que les quatre raies correspondaient à l'effet Auger des raies $K\alpha_1$ et $K\alpha_2$ du ThX, dont la couche K serait ionisée par l'émission α du RTh; ainsi, les raies A et C correspondraient à des électrons extraits des couches L_I et M_{II} par $K\alpha_2$ et B et D à des électrons extraits des mêmes couches par $K\alpha_1$. Après la découverte de la structure fine α, Meitner et plus tard Surugue et Tsien ont admis qu'il s'agissait de deux rayonnements γ, un donnant naissance aux raies A et C et l'autre aux raies B et D. Quel que soit l'interprétation admise, rayonnement X ou γ, l'intervalle énergétique entre les raies A et B devrait être égal à celui qu'il y a entre C et D. *Or, nous trouvons systématiquement* (avec quatre champs magnétiques différents, dont l'intensité a varié de 200 Oe jusqu'à 100 Oe) *que l'intervalle* A-B *est inférieur d'environ* 0,5 keV *à l'intervalle* C-D.

Les valeurs des coefficients de conversion calculées par Gellman, Griffith et Stanley ([5]) permettent d'interpréter le spectre d'électrons observé comme étant dû au contraire à la conversion *d'un seul rayonnement* γ E_2.

([4]) *Phys. Rev.*, 83, 1951, p. 465.

([5]) *Phys. Rev.*, 85, 1952, p. 944.

On aura ainsi

$$65,8 + 18,5\ (L_{II}\ ) = 84,3\ \text{keV}$$
$$68,9 + 15,4\ (L_{III}) = 84,3\ \text{»}$$
$$79,7 + 4,5\ (M_{II}\ ) = 84,2\ \text{»}$$
$$80,4 + 3,8\ (M_{III}) = 84,2\ \text{»}$$
$$83,3 + 1,1\ (N_{II}\ ) = 84,4\ \text{»}$$
$$84,0 + 0,3\ (O\ ) = 84,3\ \text{»}$$

Les deux raies C et C_1 doivent correspondre à des sous-niveaux de la couche M. Nous avons choisi les sous-niveaux M_{II} et M_{III} qui semblent donner un meilleur accord numérique avec l'énergie du rayonnement γ de 84,3 keV, calculée à l'aide des raies A et B. Pour la même raison de concordance numérique, on a choisi les couches N_{II} et O pour les raies D et D_1.

On arrive ainsi à la conclusion que le ThX présente un seul niveau à 84,3 keV au-dessus du niveau fondamental, de spin 2. L'étude des corrélations angulaires $\alpha - \gamma$ avait conduit déjà Kulchitski, Latyshev et Bulyginski ([6]), Belling, Feld et Halpern ([7]) à envisager un rayonnement E_2, mais ces auteurs admettaient encore l'existence de deux rayonnements γ.

Remarquons que les spectres de Io et de RTh présentent le même aspect; toutefois, nous avons les rapports des intensités A/B = 100/95 dans le cas du Io et 100/84 dans le cas du RTh, ce qui confirme les prévisions théoriques pour la variation de ce rapport avec l'énergie du rayonnement γ ([5]).

CHIMIE PHYSIQUE. — *Étude par effet Raman de l'acide acétique en solution dans divers solvants organiques.* Note (*) de Mme **Suzanne Fénéant**, présentée par M. Jean Cabannes.

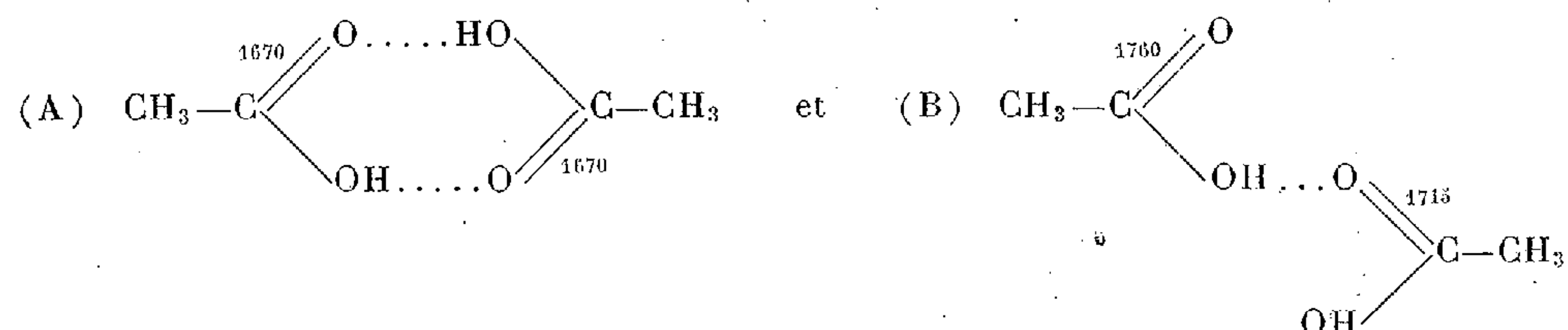
De nombreux auteurs ont étudié le spectre Raman de l'acide acétique pur. La plupart d'entre eux n'ont pas mentionné d'une part, le dédoublement de certaines fréquences (raies faibles 600 et 880 cm^{-1}, voisines respectivement des raies très intenses 617 et 900 cm^{-1}), d'autre part, la présence des deux raies faibles 1715 et 1760 cm^{-1} qui accompagnent la raie intense 1670 cm^{-1}, caractéristique de la liaison C = O. [Batuev ([1]) qui la signale, indique pour la dernière fréquence, une valeur différente de la nôtre : 1740 cm^{-1})].

L'étude des spectres Raman des solutions d'acide acétique dans divers solvants nous a conduite à considérer que les molécules dimères d'acide acétique

([6]) *Bull. Acad. Sci. U. R. S. S.*, 13, 1949, p. 331.
([7]) *Phys. Rev.*, 84, 1951, p. 155.

(*) Séance du 16 juillet 1952.
([1]) *C. R. Acad. Sc. U. R. S. S.*, 53, 1946, p. 507.

pur peuvent se présenter sous deux formes :



La première étant fortement prédominante vers 25°C.

Les raies intenses 617, 900, 1670 cm^{-1} étant attribuables aux molécules (A), les raies faibles 600, 880, 1715 et 1760 seraient attribuables aux molécules (B) : 1715 serait la fréquence d'un groupe C = O lié à un hydroxyle et 1760 la fréquence d'un groupe C = O libre.

Il est bien connu, en effet, que l'acide pur à la température ordinaire est à peu près entièrement à l'état de molécules dimères sous la forme (A), ce qui est en accord avec le fait que les raies 617, 900, 1670 cm^{-1} sont beaucoup plus intenses que les raies avoisinantes 600, 880, 1715 et 1760. Enfin comme les deux raies 1715 et 1760 sont sensiblement de même intensité sur le spectre de l'acide pur, il nous semble préférable d'écrire les molécules (B) sous forme de molécules dimères plutôt que de molécules à longue chaîne comme l'indique Batuev [1]. Dans ce dernier cas, en effet, il n'y aurait qu'un groupe C = O libre pour plusieurs groupes C = O... lié, et par suite, la raie 1760 devrait être moins intense que 1715.

D'autre part, cette interprétation s'accorde bien avec les résultats obtenus dans l'étude des spectres des solutions d'acide acétique dans différents solvants (tableau).

AC.OH pur				
solvant	conc. mol en AC.OH	600, 617	880, 900	1670 1715 1760
DIOXANE	0,38			
	0,20			
	0,14			
ETHER	0,38			
	0,20			
ACETO-NITRILE	0,38			
	0,20			
NITRO-METHA-NE	0,38			
	0,20			

En effet, dans le cas des solvants étudiés (dioxane, éther, acétoni-

trile, nitrométhane) il y a affaiblissement ou disparition de 1670 cm^{-1} et renforcement de 1715 et 1760 cm^{-1}, la raie 1760 cm^{-1} devenant plus intense que 1715 au fur et à mesure que la dilution croît. De plus les raies faibles 600 et 880 augmentent d'intensité par rapport aux raies voisines respectives : 617 et 900 cm^{-1} (phénomène observable dans le cas du dioxane et de l'éther, car dans les deux autres cas, la présence de raies voisines dues au solvant ne permet pas de conclure). Comme ces solvants présentent un caractère certain de basicité par rapport à l'acide acétique, on peut penser que l'interaction se fait entre un groupe OH libre de l'acide acétique et un groupe négatif (oxygène ou azote) du solvant, suivant le schéma :

$$CH_3{-}C\overset{1760}{\leqslant}\begin{matrix}O\\ OH\ldots O\overset{1715}{=}C{-}CH_3,\end{matrix}$$
$$>O:\ \rightarrow\ HO{-}$$

ces assemblages moléculaires pouvant donner

$$CH_3{-}C\begin{matrix}\overset{1760}{=}O\\ {-}OH\ \leftarrow\ :O<\end{matrix}$$

Il y a donc diminution du nombre des molécules du type (A) (affaiblissement de 1670 cm^{-1}) et formation d'associations dimères du type (B) (qui explique le renforcement de 600, 880, 1715 et 1760), ces dernières pouvant donner (dans le cas de solutions diluées) des molécules monomères complexées (renforcement de 1760 par rapport à 1715).

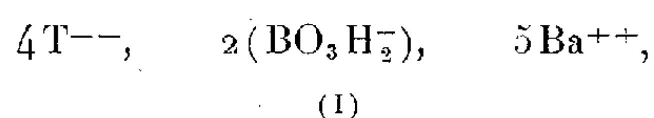
Il existe des solvants (CCl_4, $CHCl_3$) pour lesquels les spectres ne décèlent aucune interaction : le spectre de l'acide acétique en solution est identique à celui de l'acide acétique pur.

CHIMIE GÉNÉRALE. — *Sur un nouveau complexe boro-tartrique isolable.* Note de MM. **Jean-Albert Gautier** et **Pierre Pignard**, présentée par M. Eugène Darmois.[1]

Nous avons eu l'occasion d'appliquer à des fins analytiques la précipitation d'un dérivé insoluble présentant, selon toute apparence, la constitution d'un complexe borotartrique du baryum (1); nous nous proposons

(1) J. A. Gautier et P. Pignard, *Mikrochemie et Mikrochemica Acta*, **36-37**, 1951, p. 793.

ici d'en préciser la structure. Lorsqu'on ajoute un borate dissous à une solution de *d*-tartrate de baryum tamponnée par $ClNH_4$ et alcalinisée par NH_4OH, il se produit un précipité qui offre au microscope un aspect caractéristique, quoique ne présentant pas aux rayons X de structure cristalline définie; son étude chimique lui assigne la constitution d'un corps pur qui, desséché soigneusement à + 110°, correspond à un « borotartrate de baryum » dont la formule ionique serait :



$$4T^{--}, \quad 2(BO_3H_2^-), \quad 5Ba^{++}, \tag{I}$$

dans laquelle T^{--} représente un ion tartrique.

Cette composition est basée sur les dosages élémentaires (C, H, B, Ba), sur les dosages propres de l'acide tartrique (periodimétrie, cérimétrie), et de l'acide borique (acidimétrie en présence de mannitol après minéralisation), ainsi que sur le dosage de l'eau (thermogravimétrie automatique). Cette dernière détermination présente quelque difficulté; au-dessous de + 110°, le corps fixe réversiblement de l'eau d'hydratation; au-dessus de cette même température, on observe une déshydratation progressive qui se traduit par la perte de quatre nouvelles molécules d'eau aux environs de + 220°, ou de six aux environs de + 300°; celles-ci (eau de constitution) s'éliminent sans doute aux dépens des hydroxyles des acides borique et tartrique et le départ des dernières molécules précède de peu la décomposition complète du produit, qui laisse finalement à la calcination, le résidu minéral attendu (carbonate et métaborate de baryum). En bref, la courbe thermogravimétrique offre peu de discontinuités depuis la température ordinaire (borotartrate hydraté) jusqu'à la température de décomposition (début de minéralisation du complexe anhydre).

En dépit de ces difficultés la composition (I) nous a semblé bien établie pour le borotartrate « anhydre », c'est-à-dire desséché à + 110°. Restait à en préciser la structure intime.

Ce corps doit être rapproché des complexes boro-tartriques étudiés par de nombreux auteurs et que Carpeni [2] s'est attaché à classer dans sa systématique générale des polyol-borates; toutefois, alors que les borotartrates connus n'existent qu'en solution à l'exception du dérivé monopotassique de Lowry [3], le présent complexe, aisément isolable à l'état solide, est insoluble en milieu neutre et détruit par les acides. Les circonstances de sa formation l'apparentent aux complexes étudiés par Boeseken [4],

---

[2] *Bull. Soc. Chim.*, **16**, 1949, p. 344 et 742; **17**, 1950, p. 1280.

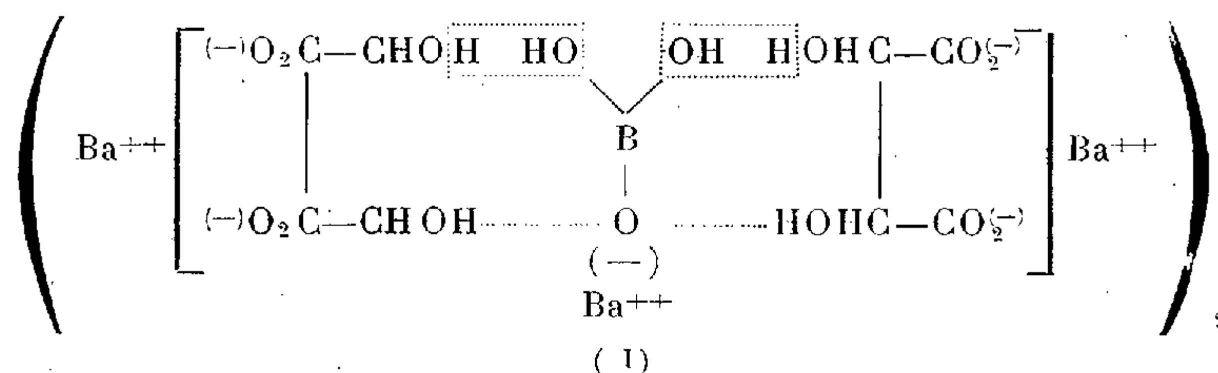
[3] *J. Chem. Soc. London*, **132**, 1929, p. 2853.

[4] 4e *Cons. de Chimie Solvay*, 1931, p. 61,

Darmois ([5]), Jones ([6]) et Yeu-Ki-Heng ([7]) et qui prennent naissance en milieu neutre ou alcalin; pour concevoir sa structure, il semble convenable d'adopter les vues de Sutra ([8]).

Tout d'abord, l'acide tartrique apparaît lié à l'acide borique sans intervention des carboxyles; ceux-ci demeurent libres, et leurs charges anioniques, jointes à celles des restes boriques, balancent exactement les charges cationiques du métal.

Nous avons vérifié, d'ailleurs, dans le cas des composés de sodium, qu'il se forme des complexes comparables, quoique solubles, avec le tartramide, dépourvu de carboxyles. Enfin l'hypothèse d'une estérification quelle qu'elle soit, est peu compatible avec les conditions de précipitation du complexe. Si, d'autre part, on ne retient pas les anciens modes de représentation spiranniques de Boeseken et de Hermans (bore négatif tétracoordonné), la structure la plus plausible est celle du schéma II. Les hydroxyles boriques s'affrontent aux hydroxyles alcooliques de l'acide tartrique (position d' « estérification potentielle » de Carpeni); les molécules d'eau mises en évidence représentent les 4 H_2O (5,1 %) perdues en premier vers + 220°.



(I)

Dans cette hypothèse, la constitution du complexe *séché à* + 110° est libre d'eau d'hydratation; le corps fraîchement précipité, en revanche, retient par surcroît un nombre variable de molécules d'eau extérieures au complexe proprement dit (hydratation des ions Ba^{++}).

CHIMIE ORGANIQUE. — *Action des sels de diazonium sur l'hydroxy-2 diphényl-9.10 anthracène et sur le dihydroxy-2.6 diphényl-9.10 anthracène.* Note (*) de MM. **André Étienne** et **Jean Salmon**, présentée par M. Charles Dufraisse.

Condensation des sels de diazonium en position α de l'enchaînement anthracénique des diphényl-9.10 hydroxy-2 et dihydroxy-2.6 anthracènes. Préparation, à partir des azoïques obtenus, des amino-anthrols et de certains dérivés correspondants (oxazoles, etc).

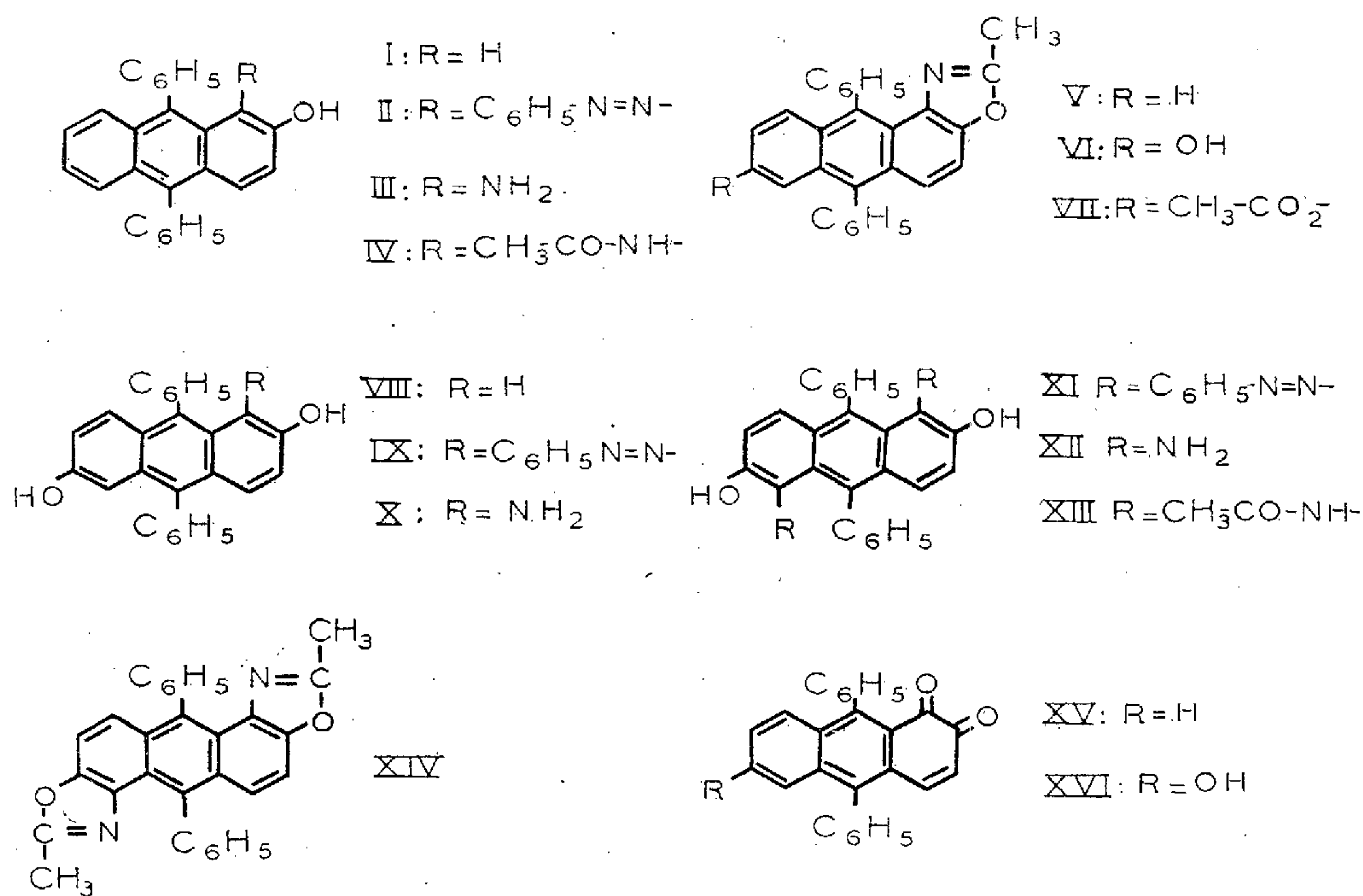
([5]) *J. Chim. Phys.*, **27**, 1930, p. 179.
([6]) *J. Chem. Soc. London*, **136**, 1933, p. 951.
([7]) *J. Chem. Phys.*, **33**, 1936, p. 390.
([8]) *Comptes rendus*, **225**, 1947, p. 872.

(*) Séance du 16 juillet 1952.

On sait, d'après les travaux de Fieser et Lothrop [1], que les sels de diazonium ne se condensent qu'en α sur les anthracènes β-hydroxylés. Seul, parmi les azoïques anthracéniques, le phénylazo-1 anthrol-2 a été étudié [2] et il a été signalé que sa réduction le transforme en amino-1 anthrol-2, susceptible d'être oxydé en anthraquinone-1.2.

Avec les diphényl-9.10 anthracènes hydroxylés en 2, I, et en 2.6, VIII, la condensation du diazo d'aniline se fait également en position α.

a. Le chlorure de benzène diazonium, en milieu alcalin, donne avec I l'azoïque II. Ce dernier est réduit, par le zinc et l'acide chlorhydrique, en l'amino anthrol correspondant, III, instable à l'air. Cependant, le dérivé N-acétylé, IV, est stable. Il a été obtenu de la manière suivante : la réduction acétylante (Zn + anhydride acétique) de l'azoïque, II, a donné le dérivé O-acétylé N-diacétylé, stable, de l'amino-1 diphényl-9.10 anthrol-2, III; ce dérivé triacétylé, se transforme par saponification (potasse méthylique à froid), en l'acétyl-amino anthrol correspondant, IV. Ce dernier, oxydé par le chlorure ferrique, donne la diphényl-9.10 anthraquinone-1.2, XV, et chauffé dans l'acide acétique il fournit, par déshydratation intramoléculaire, l'oxazole, V.



b. Le chlorure de benzène diazonium peut réagir sur le dihydroxy-2.6 diphényl-9.10 anthracène, VIII, à la fois sur les deux sommets α voisins des

(1) *J. Am. Chem. Soc.*, 58, 1936, p. 749.
(2) K. Lagodzinski, *Lieb. Ann.*, 342, 1905, p. 59.

hydroxyles. Suivant le pH du milieu réactionnel on peut avoir, soit une monocopulation, soit une dicopulation. Ainsi en solution alcaline, nous avons obtenu le bisazoïque XI, alors qu'en solution acétique, tamponnée à l'acétate de sodium, le monoazoïque, IX, cristallise avant qu'une seconde molécule de diazo n'ait réagi.

La réduction acétylante (zinc + anhydride acétique) du monoazoïque, IX, donne le dérivé triacétylé O(2,6)N (1) de l'amino-1 diphényl-9,10 anthradiol-2.6, X. L'action prolongée de l'anhydride acétique fournit l'ester acétique de l'hydroxyoxazole, VII, et non le dérivé tétraacétylé O (2,6)N(1) de l'aminoanthradiol comme on pouvait l'envisager. La saponification (potasse méthylique) de ce produit triacétylé fournit l'amino-1 diphényl-9.10 anthradiol-2.6, X, produit stable, que l'on obtient également par réduction de l'azoïque, IX (hydrosulfite en milieu alcalin). Le chauffage en solution acétique de l'amino-1 anthradiol-2.6, X, donne l'oxazole, VI. En solution alcoolique, le chlorure ferrique oxyde cet aminoanthradiol en l'orthoquinone, XVI : l'hydroxy-6 diphényl-9.10 anthraquinone-1.2, déjà préparée d'une autre manière ([3]).

On voit donc que le comportement de l'amino-1 anthrol-2, III, est différent de celui de l'amino-1 anthradiol-2.6, X; en particulier ce dernier est moins sensible à l'autoxydation et la basicité de sa fonction amine est diminuée.

La réduction acétylante (zinc + anhydride acétique) du bisazoïque, X fournit le dérivé diacétylé O (2,6) et tétraacétylé N (1,5) du diamino-1.5-dihydroxy-2.6 diphényl-9.10 anthracène. Par saponification (potasse méthylique) on obtient le dérivé diacétylé N(1,5) correspondant, XIII. Ce dernier, chauffé dans l'acide acétique, fournit le bisoxazole XIV. L'action des oxydants ne nous a pas permis d'obtenir la diquinone correspondante.

Constantes physiques des produits obtenus :

Phénylazo-1 hydroxy-2 diphényl-9.10 anthracène, II ($C_{32}H_{22}ON_2$) F_{inst} 248-249°.

Amino-1 hydroxy-2 diphényl-9.10 anthracène, III, instable. Dérivé O(2) N(1) triacétylé : diacétylamino-1 acétoxy-2 diphényl-9.10 anthracène ($C_{32}H_{25}O_4N$) F_{inst} 187-188°. Dérivé N-acétylé, IV : acétylamino-1 hydroxy-2 diphényl-9.10 anthracène ($C_{28}H_{21}O_2N$), F_{inst} 293-294°.

Oxazole, V : méthyl-2 (diphényl-9'.10'.anthracéno-1'.2')4.5 oxazole ($C_{28}H_{19}ON$), F_{inst} 186-187°; dérivé hydroxylé en 6', VI ($C_{28}H_{19}O_2N$), F_{inst} 250-251°; dérivé acétoxylé en 6', VII ($C_{30}H_{21}O_3N$) F_{inst} 251-252°.

Phénylazo-1 dihydroxy-2.6 diphényl-9.10 anthracène, IX ($C_{32}H_{22}O_2N_2$), F_{inst} 284-285°.

Amino-1 dihydroxy-2.6 diphényl-9.10 anthracène, X ($C_{26}H_{19}O_2N$), F_{inst} 311-312°. Dérivé O (2-6) N (1) triacétylé : acétylamino-1 diacétoxy-2.6 diphényl-9.10 anthracène ($C_{32}H_{25}O_5N$), F_{inst} 288-289°.

Bis-phénylazo-1.5 dihydroxy-2.6 diphényl-9.10 anthracène, XI ($C_{38}H_{25}O_2N_4$) F_{inst} 306-307°.

Diamino-1.5 dihydroxy-2.6 diphényl-9.10 anthracène, XII, instable. Dérivé diacétylé

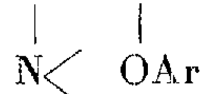
([3]) A. ETIENNE et J. SALMON, *Comptes rendus*, 235, 1952, p. 70.

O (2-6) et tétraacétylé N (1-5) : *bis*-diacétylamino-1.5 diacétoxy-2.6 diphényl-9.10 anthracène ($C_{38}H_{32}O_8N_2$), F_{inst} 345-346°. Dérivé N-acétylé XIII : *bis*-acétylamino-1.5 dihydroxy-2.6 diphényl-9.10 anthracène ($C_{30}H_{24}O_4N_2$) F_{inst} 363-364°.

Bis-oxazole, XIV : *bis* (méthyl-2′ oxazolo-4′.5′.)1.2.5.6 diphényl-9.10 anthracène, ($C_{30}H_{20}O_2N_2$), F_{inst} 404-405°.

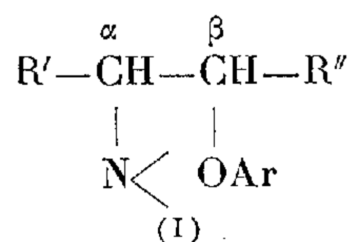
CHIMIE ORGANIQUE. — *Sur une méthode générale de préparation des aryloxyamines de formule générale* R′—CHNH₂—CHOAr—R″. Note (*) de Mme **Marianne Kopp**, présentée par M. Jacques Tréfouël.

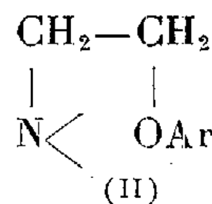
L'étude des aryloxyamines de formule générale



n'a pas encore été abordée. L'action de l'hydrure double d'aluminium et de lithium constitue une méthode générale de préparation de ces composés à partir des aryloxyoximes correspondantes.

Les aryloxyamines de formule générale (I), à quelques exceptions près, ne sont pas connues. Cependant ces composés sont susceptibles de présenter un intérêt pharmacologique considérable.





On sait en effet, que de nombreuses substances comportant dans leurs molécules à la fois une fonction aminée et un groupement aryloxy en position β l'un par rapport à l'autre sont actifs sur les cellules innervées par le système nerveux sympathique ([1]). Ces substances agissent, suivant leur structure, soit comme l'adrénaline ([2]), soit comme antagoniste de celle-ci. De très nombreux travaux ont été effectués jusqu'à présent dans le cadre de l'examen des relations entre la structure et l'action pharmacologique de cette famille de composés. Mais ces travaux sont surtout consacrés à l'étude de l'influence des différents substituants portés soit par le noyau aromatique, soit par la fonction amine sur les propriétés physiologiques des aryloxy amines (II). Quant au rôle joué par les radicaux attachés aux carbones α et β, son étude systématique n'a pas encore été abordée ([3]). Cette lacune est vraisemblablement due à ce

(*) Séance du 16 juillet 1952.

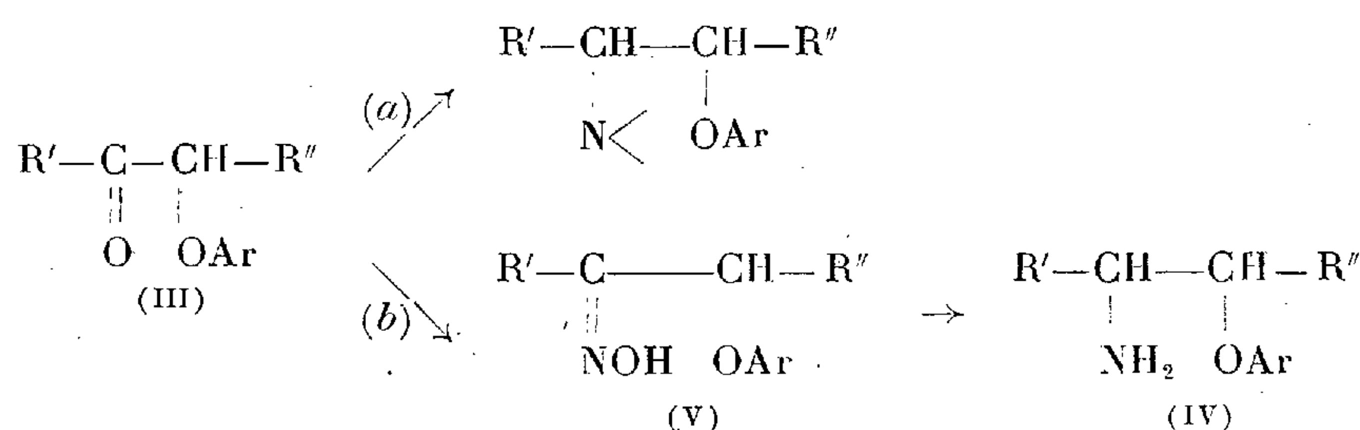
([1]) Bovet et Nitti, *Médicaments du système nerveux végétatif*, Karger, Bâle, 1948, p. 170 et 213.

([2]) Buchel, Kohler et Lévy, *Bull. Soc. Chim. Biol.*, 29, 1947, p. 788.

([3]) L'étude de quelques phénoxyisopropylamines a été faite par Schmitt, Pelou et Pesson, *C. R. Soc. Biol.*, 146, 1952, p. 214.

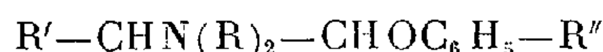
que les composés (I), contrairement aux composés (II), étaient jusqu'à présent d'un accès difficile. C'est pourquoi nous nous sommes proposé d'élaborer une méthode générale et aisée de préparation de ces composés.

Étant donné que les aryloxycétones (III) sont facilement accessibles, c'est sur leur transformation en amines que nous nous sommes arrêtée. A cette fin, nous avons expérimenté les deux voies *a* et *b*.



Jusqu'à présent, seule la voie *b* s'est avérée comme étant générale. En effet, la voie *a*, qui n'est pas réalisable par les méthodes habituelles de réduction (amalgame d'aluminium en présence d'amines ou d'ammoniac, etc.) permet seulement, dans quelques cas particuliers, d'aboutir, par la méthode de Leuckart, aux composés du type (I). Par contre la voie *b*, à condition d'employer l'hydrure d'aluminium et de lithium comme agent réducteur ([4]), permet d'éviter l'obstacle le plus souvent rencontré dans cette série, c'est-à-dire la déphénoxylation et, par conséquent, semble constituer une méthode très générale et relativement simple de préparation des aryloxyamines (IV).

Partie expérimentale. — *Voie a.* — Le mélange d'amine secondaire (2 mol), de cétone (III) (1 mol) et d'acide formique (2,5 mol) est chauffé vers 130° jusqu'à cessation de dégagement de CO_2. Les amines



sont obtenues avec des rendements variant de 15 à 20 % ([5]) :

R'.	R''.	R.	Éb.	F perchlorate.
CH_3	H	CH_3	E_2 88-90° ([6])	101-102°
CH_3	H	C_2H_5	E_2 97-100° ([6])	96-97°
$R'R''=(CH_2)_4$		C_2H_5	E_2 130-132° ([7])	108-110°
$R'R''=(CH_2)_4$		$RR=(CH_2)_5$	E_2 151° ([7])	138-139°

([4]) La réduction des oximes (V), contrairement à celle des oximes simples, échoue aussi bien par la catalyse, que par le sodium et l'alcool et que par la majorité des méthodes de réduction habituelles.

([5]) La réaction de Leuckart appliquée à d'autres aryloxycétones est restée infructueuse, même en chauffant à 200°.

([6]) Polonovski, Pesson et Bebedeu, *Comptes rendus*, 233, 1951, p. 1120.

([7]) Le produit est constitué par un mélange de diastéréoisomères.

Voie b. — Une solution éthérée de $LiAlH_4$ (2 mol) et d'oxime (V) (1 mol) chauffée à reflux (30 m) conduit aux aryloxyamines (IV, $Ar = C_6H_5$) (Rdt 40 à 50 %) :

R'.	R''.	Éb ou F.	F chlorhydrate (bloc).
CH_3	H	E_3 100–101° (8)	(8)
C_6H_5	CH_3	E_3 154–156° (7)	227°
CH_3	C_6H_5	E_3 148,5–150° (7)	216°
C_6H_5	C_6H_5	F 108° (7)	217°
$R'R'' = (CH_2)_4$		E_3 114–116° (7)	216°

La température et le temps de chauffage influencent considérablement la marche de la réaction, notamment en ce qui concerne la formation d'amines secondaires, isomères des amines primaires (IV) (9) et décelables par le test coloré de Feigl (10).

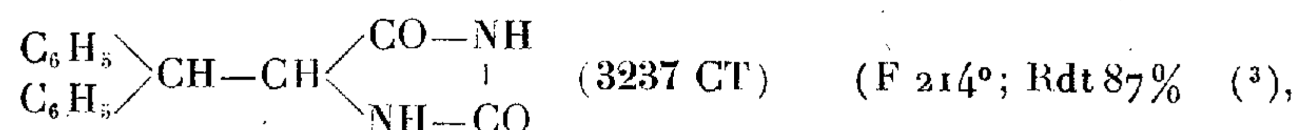
CHIMIE ORGANIQUE. — *Synthèses dans la série des α-aminoacides aromatiques.* Note de M. **Jésus Anatol**, présentée par M. Jacques Tréfouël.

L'auteur prépare des α-aminoacides aromatiques « non naturels » par l'intermédiaire des hydantoïnes. Leurs dérivés N-alcoylés sont synthétisés en transformant les nitriles correspondants en amides, soit simples ou susbtitués à l'azote, que l'on hydrolyse par la suite en aminoacides.

Dans le but d'étudier leur comportement comme antimétabolites, je me suis proposé de préparer les aminoacides du type $\frac{R_1}{R_2}{>}CH{-}CH{<}\frac{COOH}{NH_2}$ ainsi que leurs dérivés substitués à l'azote. Dans une précédente Note (1), j'ai fait connaître mes premiers résultats en série aliphatique.

Quelques modifications, en ce qui concerne les techniques, ont été nécessaires en série aromatique.

A. A partir de l'aldéhyde diphénylacétique (2), j'ai préparé l'hydantoïne



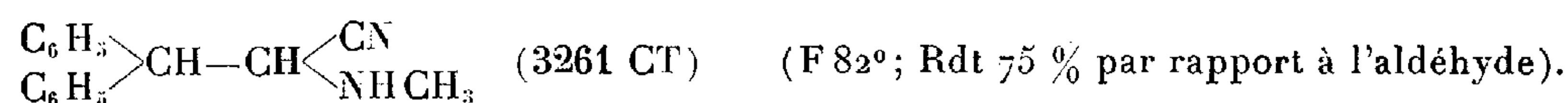
hydrolysée par NaOH, elle conduit à $\frac{C_6H_5}{C_6H_5}{>}CH{-}CH{<}\frac{COOH}{NH_2}$ [Rdt 85 % (par rapport à l'aldéhyde, 74 %)]. Dérivé acétylé F 164° (3270 CT).

(8) Hurd et Perletz, *J. Amer. Chem. Soc.*, 68, 1946, p. 38.
(9) Larsson, *Chalmers Univ. Techn. Göteborg*, 94, 1950, p. 21.
(10) *Microchimica Acta*, 1, 1937, p. 127.

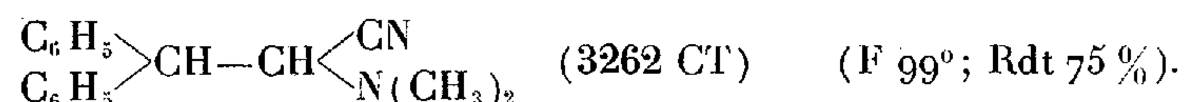
(1) J. Anatol, *Comptes rendus*, 233, 1951, p. 1295.
(2) M. Sommelet, *Ann. Chim. Phys.*, (8), 9, 1906, p. 552.
(3) Les composés numérotés n'étaient pas connus.

Cet aminoacide a été préparé par Harington en 1929 ([4]) et, de nos jours, par Burckhalter ([5]), par action du chlorure de benzhydryle sur l'aminomalonate d'éthyle, phtalylé dans le premier cas, acétylé dans le second. Rdt 25 % environ.

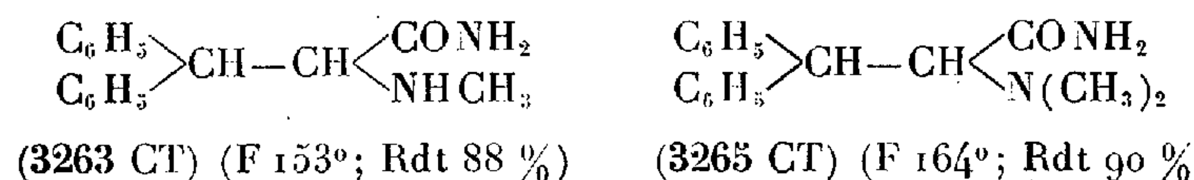
L'excellente méthode de Colonge ([6]) (action de PO_4H_2K et CNK sur le groupement carbonyle) m'a permis d'obtenir la cyanhydrine $(C_6H_5)_2CH—CHOH—CN$, l'huile ([7]) isolée traitée par CH_3NH_2 en milieu alcoolique et tube scellé ([8]) m'a conduit au nitrile


(3261 CT) (F 82°; Rdt 75 % par rapport à l'aldéhyde).

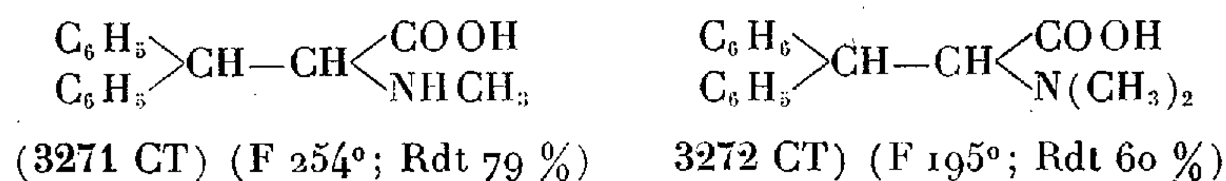
En agitant le diphénylacétaldéhyde en milieu benzénique avec le $(ClH)NH(CH_3)_2$ et le CNK ([9]) on accède au nitrile


(3262 CT) (F 99°; Rdt 75 %).

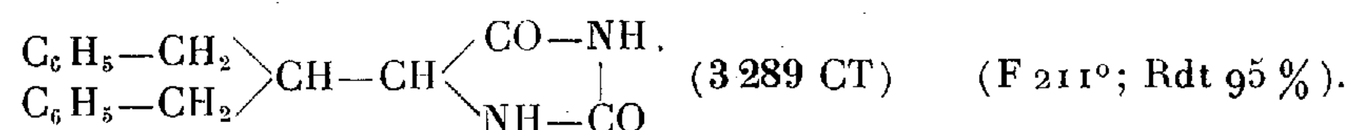
Ces deux nitriles sont traités à 100° par quatre volumes de SO_4H_2 contenant 1/10 de son volume d'eau et les amides sont isolés :


(3263 CT) (F 153°; Rdt 88 %) (3265 CT) (F 164°; Rdt 90 %

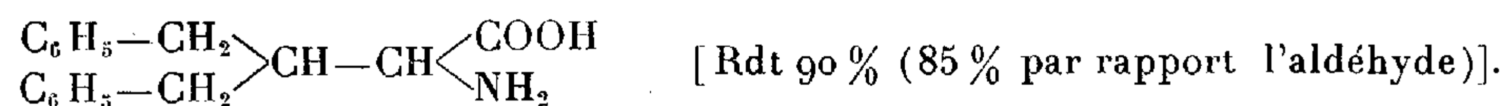
L'action de l'acide chlorhydrique concentré conduit aux aminoacides :


(3271 CT) (F 254°; Rdt 79 %) 3272 CT) (F 195°; Rdt 60 %)

B. A partir de l'aldéhyde dibenzylacétique ([10]) ($É_{11}$ 191°; F 32°) j'ai préparé


(3289 CT) (F 211°; Rdt 95 %).

Cette hydantoine hydrolysée par NaOH donne l'aminoacide


[Rdt 90 % (85 % par rapport l'aldéhyde)].

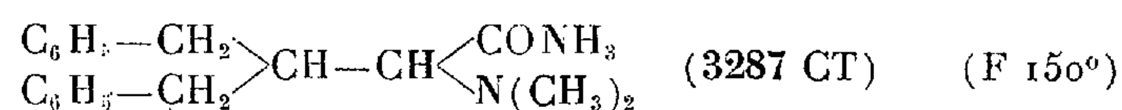
([4]) Ch. R. Harington et W. Mc Cartney, *J. Chem. Soc.*, **133**, 1929, p. 893.
([5]) J. H. Burckhalter et V. C. Stephens, *J. Am. Chem. Soc.*, **73**, 1951, p. 56.
([6]) J. Colonge et D. Joly, *Ann. Chim.*, (11), **18**, 1943, p. 303.
([7]) W. G. M. Weise, *Lieb. Ann.*, **248**, 1888, p. 39.
([8]) M. Goldman et F. Sachs, *Ber. deutsch. chem. ges.*, **35**, 1902, p. 3319.
([9]) H. Bucherer et A. Crolee, *Ber. deutsch. chem. ges.*, **39**, 1906, p. 986.
([10]) M. Tiffeneau, A. Orekoff et J. Lévy, *Bull. Soc. Chim.*, (4), **40**, 1931, p. 1845.

Dérivé acétylé (3292 CT), F 174°. Cet aminoacide avait été obtenu par Carter ([11]) par synthèse malonique, α-bromuration, amination et décarboxylation.

La technique de Colonge ([6]) appliquée au dibenzylacétaldéhyde, m'a conduit avec un rendement quantitatif à $(C_6H_5-CH_2)_2-CH-CHOHCN$ (3282 CT), F 97°. Comme en ([8]) cette cyanhydrine est traitée respectivement par CH_3-NH_2 et $(CH_3)_2NH$, et les deux nitriles sont obtenus avec des rendements pratiquement théoriques. Monométhyle (3283 CT) (F 89°) et nitrile diméthylé (3284 CT) (F 51°).

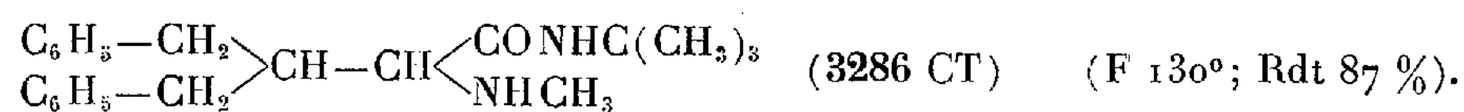
Ces deux nitriles sont soumis à la température du bain-marie, à l'action de SO_4H_2 dilué avec 20 % de son volume d'eau.

L'amide

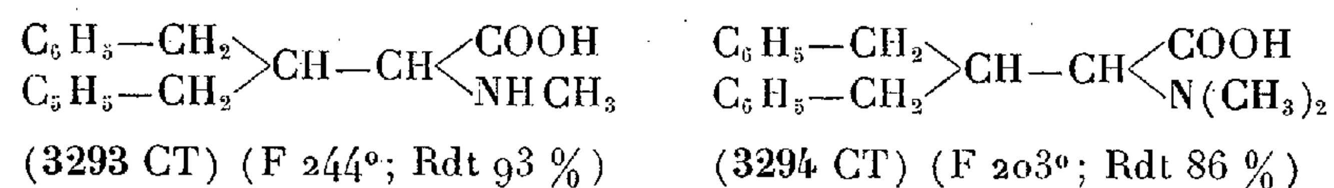


est isolé avec un rendement de 40-45 %. Le rendement en amide monométhylé (3235 CT) (F 118°) est bas.

J'ai étendu alors à l'aminonitrile monométhyle la nouvelle réaction des nitriles due à Ritter ([12]) qui consiste à fixer sur la liaison $-C\equiv N$ les éléments d'un alcool tertiaire sous l'influence d'un équivalent de SO_4H_2 en milieu acétique. A partir du nitrile $\begin{matrix}C_6H_5-CH_2\\C_6H_5-CH_2\end{matrix}\!>\!CH-CH\!<\!\begin{matrix}CN\\NHCH_3\end{matrix}$ (deux équivalents de SO_4H_2 à température du bain-marie) j'ai obtenu le composé



J'ai hydrolysé par ClH dilué de son volume d'eau ce dernier amide ainsi que le précédent (3287 CT) pour obtenir les aminoacides correspondants :



Le contrôle analytique (microcombustions et microdosages d'azote) seront donnés dans un Mémoire plus détaillé.

([11]) H. E. Carter, *J. Biol. Chem.*, **108**, 1935, p. 619.

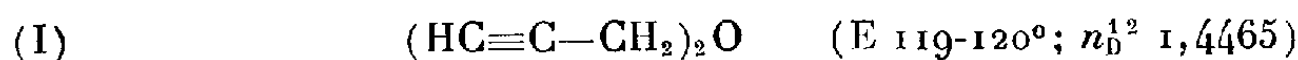
([12]) H. Plaut et J. J. Ritter, *J. Am. Chem. Soc.*, **73**, 1951, p. 4076.

CHIMIE ORGANIQUE. — *Contribution à l'étude des éthers diacétyléniques.* Note de MM. **Jean-Pierre Guermont** et **Israël Marszak**, présentée par M. Jacques Tréfouël.

Les deux premiers termes de la série des éthers à deux fonctions acétyléniques vraies, ont été préparés et quelques-unes de leurs réactions, mettant en jeu une ou deux de ces fonctions acétyléniques, étudiées. La synthèse de divers éthers, amino et hydroxyéthers acétyléniques et saturés, a été réalisée.

Dans la bibliographie, on ne trouve que très peu d'indications au sujet des éthers renfermant deux fois le groupement —C≡CH. Pourtant de tels composés nous paraissent présenter un intérêt considérable, du fait que, comme le diacétylène, ils peuvent, *a priori*, mettre en jeu dans diverses réactions, une seule de leurs fonctions acétyléniques, ou les deux simultanément.

Ainsi nous avons préparé l'oxyde de propargyle :



(I) $(HC\equiv C-CH_2)_2O$ (E 119-120°; n_D^{12} 1,4465)

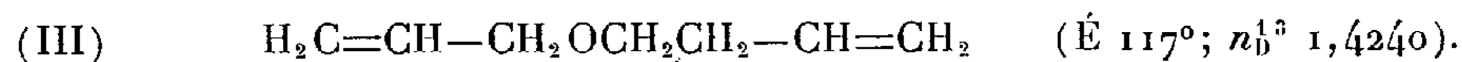
et l'oxyde de propyne et de butyne :



(II) $HC\equiv C-CH_2OCH_2CH_2-C\equiv CH$ ($É_{10}$ 89°; n_D^{18} 1,4505)

et nous avons étudié quelques-unes de leurs réactions.

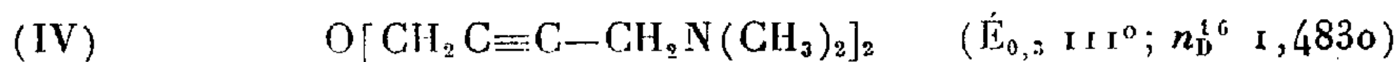
Le composé (I) a été obtenu, aussi bien par action du bromure de propargyle sur l'alcool propargylique, en présence de potasse aqueuse, qu'à partir de l'oxyde d'allyle, en faisant agir l'amidure de sodium dans l'ammoniac liquide sur son dérivé tétrabromé. Le composé (II) a été préparé, de façon analogue, à partir du dérivé tétrabromé de l'oxyde de propényle et de butényle :



(III) $H_2C=CH-CH_2OCH_2CH_2-CH=CH_2$ (É 117°; n_D^{13} 1,4240).

ce dernier étant obtenu par action du magnésien du bromure d'allyle sur l'éther chlorométhylique de l'alcool allylique. La constitution de ces nouveaux éthers a été confirmée par l'hydrogénation catalytique qui a fourni les éthers saturés correspondants connus, ainsi que par le dosage des fonctions acétyléniques vraies.

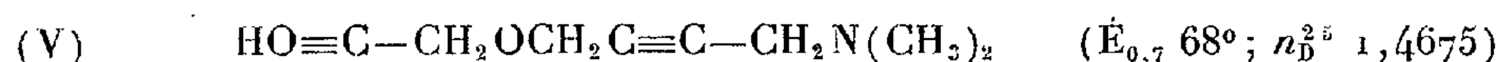
Parmi les réactions déjà réalisées avec ces éthers diacétyléniques, citons en premier lieu, la condensation avec le formol et les amines secondaires. Ainsi, en chauffant le composé (I) avec 2 mol de formol et 2 mol de diméthylamine en solution de dioxane, à 80° pendant 24 h, on obtient, avec un bon rendement le diamino-éther diacétylénique, presque exclusivement



(IV) $O[CH_2C\equiv C-CH_2N(CH_3)_2]_2$ ($É_{0,5}$ 111°; n_D^{16} 1,4830)

tandis que, si l'on opère avec des quantités équimoléculaires d'éther, de formol

et d'amine, on obtient à côté de la base (IV), la monoamine

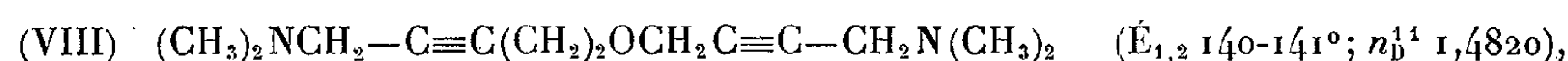

(V) $HO\equiv C-CH_2OCH_2C\equiv C-CH_2N(CH_3)_2$ (É$_{0,7}$ 68°; n_D^{25} 1,4675)

qui contient encore une fonction acétylénique vraie. En employant la diéthylamine, au lieu de la diméthylamine nous avons obtenu les bases :


(VI) $O[CH_2C\equiv C-CH_2N(C_2H_5)_2]_2$ (É$_{0,5}$ 144°; n_D^{17} 1,4830),

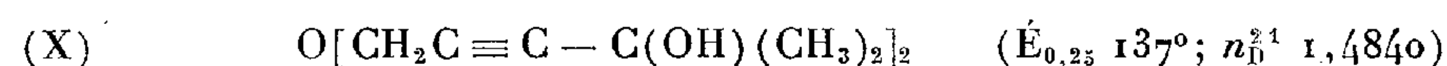

(VII) $HC\equiv CCH_2OCH_2C\equiv C-CH_2N(C_2H_5)_2$ (É$_1$ 88°; n_D^{16} 1,4720).

De façon analogue, en partant du composé (II), ont été synthétisées les diamines :

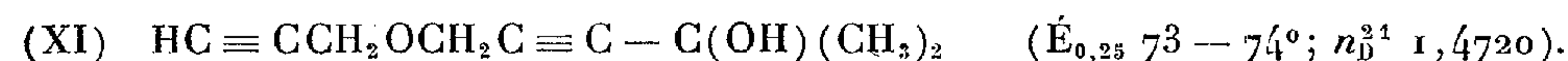

(VIII) $(CH_3)_2NCH_2-C\equiv C(CH_2)_2OCH_2C\equiv C-CH_2N(CH_3)_2$ (É$_{1,2}$ 140-141°; n_D^{11} 1,4820),


(IX) $(C_2H_5)_2NCH_2-C\equiv C(CH_2)_2OCH_2C\equiv C-CH_2N(C_2H_5)_2$ (É$_{0,2}$ 142°; n_D^{23} 1,4710).

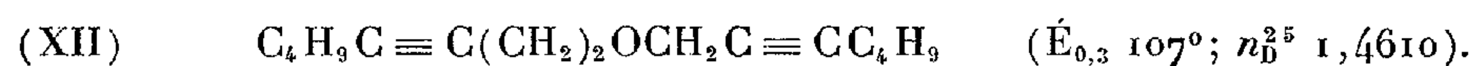
La condensation du composé (I) avec l'acétone, réalisée dans l'ammoniac liquide au moyen de l'amidure de sodium préparé *in situ* [1], a fourni avec un bon rendement total, simultanément le glycol-éther diacétylénique


(X) $O[CH_2C\equiv C-C(OH)(CH_3)_2]_2$ (É$_{0,25}$ 137°; n_D^{21} 1,4840)

et l'alcool-éther à deux fonctions acétyléniques dont une vraie


(XI) $HC\equiv CCH_2OCH_2C\equiv C-C(OH)(CH_3)_2$ (É$_{0,25}$ 73–74°; n_D^{21} 1,4720).

Par action du bromure de butyle sur le dérivé sodé du composé (II) nous avons obtenu comme produit principal l'oxyde d'heptyne-2-yle et d'octyne-3-yle


(XII) $C_4H_9C\equiv C(CH_2)_2OCH_2C\equiv CC_4H_9$ (É$_{0,3}$ 107°; n_D^{25} 1,4610).

Au cours de leur hydrogénation catalytique en présence de nickel Raney à température et pression ordinaires, les composés (IV) à (XII) ont absorbé sensiblement 4 mol d'hydrogène. Dans le tableau suivant, sont consignées les constantes des amino-éthers et hydroxy-éthers saturés ainsi obtenus et qui sont, à notre connaissance, également des produits nouveaux :

$O[(CH_2)_4N(CH_3)_2]_2$	É$_{1,5}$ 106°	n_D^{23}	1,4392
$CH_3CH_2CH_2O(CH_2)_4N(CH_3)_2$	É$_{50}$ 97°	n_D^{18}	1,4222
$O[(CH_2)_4N(C_2H_5)_2]_2$	É$_{0,3}$ 124°	n_D^{15}	1,4500
$CH_3CH_2CH_2O(CH_2)_4N(C_2H_5)_2$	É$_{15}$ 95°	n_D^{21}	1,4300
$(CH_3)_2N(CH_2)_5O(CH_2)_4N(CH_3)_2$	É$_{0,1}$ 90°	$n_D^{17,5}$	1,4410
$(C_2H_5)_2N(CH_2)_5O(CH_2)_4N(C_2H_5)_2$	É$_{0,5}$ 141-142°	n_D^{17}	1,4550
$O[(CH_2)_3C(OH)(CH_3)_2]_2$	É$_{0,2}$ 115°	n_D^{16}	1,4580
$CH_3CH_2CH_2O(CH_2)_3C(OH)(CH_3)_2$	É$_{1,5}$ 65°	n_D^{15}	1,4322

Ce travail est poursuivi dans diverses directions.

---

[1] VAUGHN, VOGT et NIEWLAND, *J. Amer. Chem. Soc.*, 56 1934, p. 2120.

PHYSIQUE DES SOLIDES. — *Mise en évidence des hétérogénéités d'une solution solide en équilibre.* Note (*) de MM. **Christopher B. Walker, Jean Blin** et **André Guinier**, présentée par M. Charles Mauguin.

On admet généralement que, dans une solution binaire, homogène et désordonnée, la répartition des atomes aux nœuds du réseau commun est parfaitement irrégulière. Mais on connaît déjà un cas où le désordre n'est pas parfait : c'est celui des solutions solides au-dessus de la température de transformation ordre-désordre : il subsiste un ordre à petite distance entre atomes voisins qui a pu être évalué expérimentalement par l'étude de la diffusion des rayons X ([1]) et expliqué théoriquement à partir des énergies d'interaction entre les atomes ([2]).

Nous avons cherché à étudier, par la diffusion des rayons X, la répartition des atomes dans une solution solide où les deux sortes d'atomes ont tendance, non pas à s'ordonner, mais à se séparer, c'est-à-dire une solution solide prise à une température supérieure à celle où elle se décompose en une phase appauvrie en élément dissous et un précipité à forte teneur en cet élément. Comme exemple, nous avons adopté l'alliage Al-Ag à 20 % dont nous avons précédemment ([3]) étudié le processus de précipitation à basse température. On peut prévoir que les phénomènes de diffusion les plus importants et les plus faciles à interpréter sont à rechercher dans la région des petits angles de diffusion, mais qu'ils doivent être très faibles. En fait, différents essais par la méthode photographique n'avaient pas donné de résultats. Mais il était indiqué de reprendre les expériences avec l'appareil enregistreur à compteur Geiger-Müller, précédemment décrit ([4]), spécialement adapté à la mesure continue des rayonnements très faibles. On a simplement ajouté à ce montage un dispositif de chauffage de l'échantillon permettant d'opérer à des températures jusqu'à 650° et repérées à environ 10° C près. Les courbes de diffusion sont mesurées dans l'intervalle $2\theta = 1°$ à $2\theta = 10°$, la figure 1 reproduit les courbes, corrigées de la diffusion parasite, relatives à la solution solide Al—Ag, respectivement à 525 et 600° C.

La conclusion immédiate de ces expériences est que les *atomes ne sont pas répartis parfaitement au hasard.* En effet, s'il en était ainsi, la diffusion des rayons X serait donnée par la loi de Laue ([5]), c'est-à-dire qu'elle ne

---

(*) Séance du 7 juillet 1952.

([1]) J. M. Cowley, *Phys. Rev.*, 77, 1950, p. 669.

([2]) G. Fournet, *Comptes rendus*, 234, 1952, p. 2049.

([3]) Walker et Guinier, *Comptes rendus*, 234, 1952, p. 2379.

([4]) J. Blin et A. Guinier, *Comptes rendus*, 233, 1951, p. 1288.

([5]) M. von Laue, *Ann. der Phys.*, 56, p. 497.

varierait pratiquement pas avec l'angle dans l'intervalle considéré et que, d'autre part, en valeur absolue, l'intensité diffusée aux très faibles angles serait plus faible que l'intensité réellement mesurée.

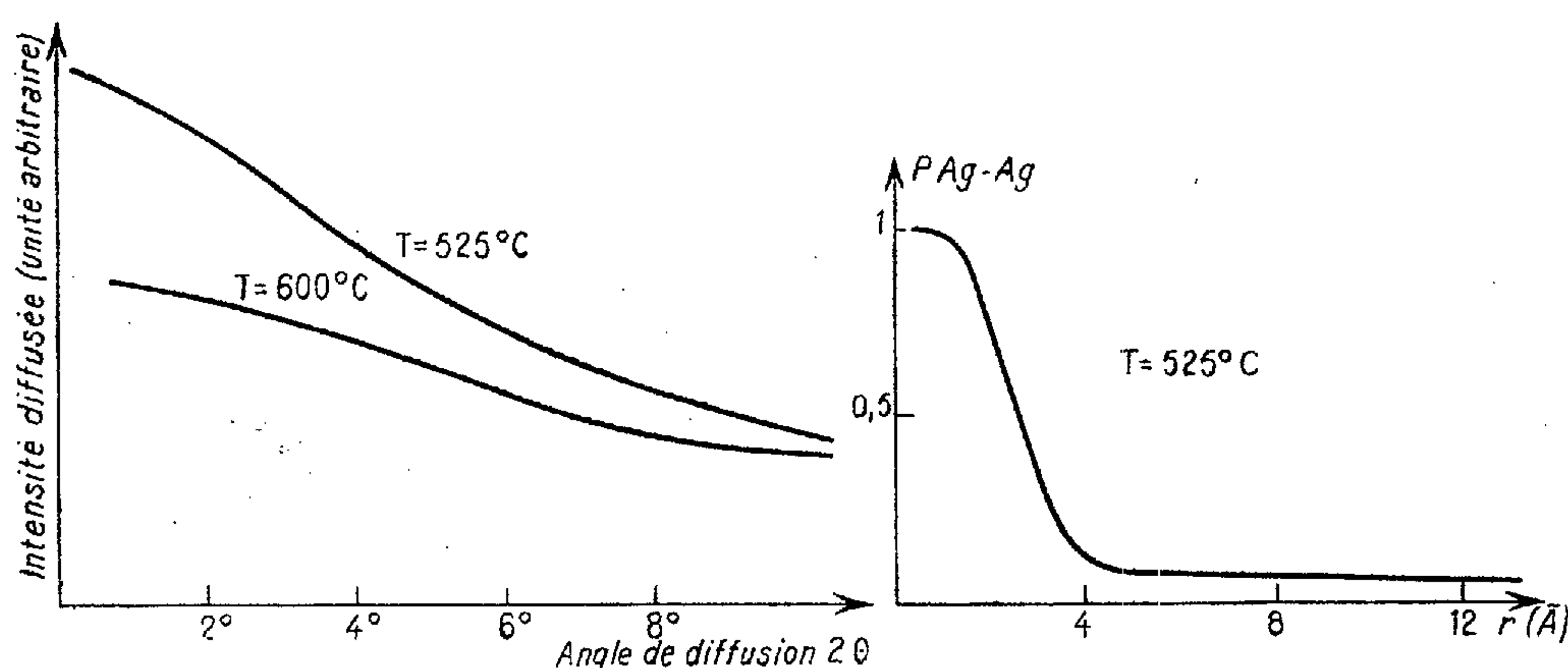


Fig. 1. Fig. 2.

Fig. 1. — Variation de l'intensité diffusée par l'alliage Al—Ag en fonction de l'angle de diffusion.

Fig. 2. — Probabilité de trouver un atome d'argent à la distance r d'un autre atome d'argent.

Les courbes obtenues s'expliquent par la présence de très petits agrégats labiles d'atomes d'argent, *plus fréquents que ne le prévoient les lois du simple hasard*. En effet, par transformation de Fourier de la courbe expérimentale, on obtient la variation relative de la probabilité P_{Ag-Ag} de trouver un atome d'argent à la distance r d'un atome d'argent donné (*fig.* 2). Celle-ci n'atteint la valeur moyenne 0,05 qu'à partir d'une distance de l'ordre de 12 Å et elle est égale à 0,4 pour les premiers voisins, à 2,8 Å. D'après les courbes de la figure 2, on calcule, qu'en moyenne, les agrégats ne doivent pas contenir plus d'une dizaine d'atomes d'argent à 525° C. Il est essentiel de noter que l'on doit se les représenter non pas avec une structure stable, mais se formant ou disparaissant au gré des fluctuations thermiques qui contrecarrent l'effet d'attraction des atomes d'argent les uns pour les autres.

A 600° C, la diffusion est moins intense et la pente de la courbe est moindre : cela signifie que les agrégats d'atomes sont encore plus petits.

Ces expériences constituent, croyons-nous, une première preuve directe de l'existence dans les solutions solides de ces fluctuations introduites sous divers noms (« nuclei, embryos ») par différents théoriciens (6), (7) dans l'explication de la germination d'une nouvelle phase.

---

(6) G. Borelius, *Ark. Math.*, **32**, 1945, p. 1.

(7) Turnbull, *Métals Techn.*, 1948; *Techn. Publ.*, n° **2345**.

CRISTALLOGRAPHIE. — *Observation de figures de croissance en spirale sur des cristaux de quartz naturel et d'alumine fondue.* Note (*) de Mme **Adrienne R. Weill**, présentée par M. Maurice de Broglie.

Plusieurs auteurs ont recherché sur des cristaux de *quartz* les figures caractéristiques de croissance conformes à la théorie de Frank, Cabrera et Burton (1).

Les marques relevées sur les faces rhomboédriques sont, soit des branches plus ou moins groupées (2), soit des pyramides étagées (3), reflétant, comme les figures d'attaque, la symétrie de l'arrangement cristallin de la face considérée.

Aucun enroulement en spirale n'a pu jusqu'ici être observé sur les échantillons étudiés, quoique le nombre des pyramides de croissance puisse être très grand sur une même face (4).

En examinant au microscope par réflexion une inclusion de quartz trouvée dans un bloc de molybdénite du Queensland, nous avons reconnu, aux limites extérieures d'une masse confuse, de nombreux petits cristaux, soit prismatiques, soit hexagonaux. Leur plus grande dimension est de l'ordre du millimètre; le réseau est fortement déformé d'après l'aspect des clichés de rayons X.

Les limites extérieures des fragments de l'inclusion sont parfois dentelées. L'une de ces dentelures hexagonales encadre une tablette au centre de laquelle on reconnaît, malgré le mauvais état de la surface, un enroulement en spirale correspondant à une croissance lamellaire suivant les plans (0001) du quartz (*fig.* 1). La formation de cet embryon de cristal tabulaire est apparemment du même type que celle fréquemment observée sur les cristaux de carbure de silicium (5). Toutefois, ce faciès est rare dans les quartz et nous ne l'avons reconnu ni en d'autres régions du même échantillon, ni sur d'autres échantillons de même provenance. Cependant, des figures hexagonales incomplètes apparaissent souvent, et elles comportent presque toujours un départ central enroulé en spirale.

Par ailleurs, nous avons examiné sous divers grossissements les plaquettes d'alumine formées dans les retassures des produits industriels; elles montrent au microscope des figures triangulaires comportant, soit

---

(*) Séance du 16 juillet 1952.

(1) *Phil. Trans. Roy. Soc.*, **243**, 1951, p. 299.

(2) L. J. Griffin, *Phil. Mag.*, **42**, 1951, p. 1337.

(3) S. Amelinckx, *Natuurwet, Tigdchr.* (Gand), **33**, 1951, p. 169.

(4) F. C. Frank, *Phil. Mag.* (Suppl.), **1**, 1952, p. 91.

(5) A. R. Weill, *Comptes rendus*, **234**, 1952, p. 1068.

une pyramide au centre, soit un enroulement en spirale (*fig.* 2). Bien que l'on ait ici affaire à une cristallisation beaucoup plus rapide que celle du rubis synthétique, isomorphe de l'alumine, où Amelinckx a reconnu



Fig. 1. — Quartz naturel. Croissance tabulaire à partir d'un enroulement en spirale (× 250).

récemment des spirales de croissance ([6]), il s'agit encore ici sans doute possible du même processus de formation à partir de la dislocation en hélice et sur la face de plus grande densité atomique.



Fig. 2. — Alumine fondue. Croissance en pyramides triangulaires à partir de spirales (× 130).

Cependant, dans le cas du rubis synthétique, Amelinckx suggère que la dislocation responsable de la croissance pourrait prendre naissance autour des additions intentionnelles de sels de chrome. Cette idée ne semblerait pas applicable au cas de l'alumine fondue où les impuretés

([6]) *Comptes rendus*, 234, 1952, p. 1793.

accidentelles ne figurent qu'à l'état de traces (Fe, Cu, Si ou Na), ni à celui de l'hématite naturelle étudiée par Verma ([7]) et isomorphe du corindon.

En revanche, les deux types de corindon présentent les mêmes caractéristiques de croissance en feuillets épais par rapport à la hauteur de la maille ([6]), tandis que le gradin de l'hématite est d'élévation minimum, soit 14 Å environ ([7]).

Ces nouveaux exemples illustrent la généralité du processus proposé ([1]), manifestement observé dans ces oxydes d'origine minérale ou synthétique.

PHYTOPATHOLOGIE. — *Influence de la lumière sur la résistance de plantules de* Lepidium sativum *L. à* Botrytis cinerea *Pers.* Note de M. **Claude Schmitt**, présentée par M. Roger Heim.

En fonction de la distance à une source lumineuse, on réalise chez les plantules de *Lepidium sativum* deux états de la sensibilité à *Botrytis cinerea*. Les plantules résistantes montrent les faits suivants : arrêt de la progression intercellulaire des hyphes dans l'hypocotyle, dépôt sur les membranes de pigments de nature mélanique, apparition précoce d'un cambium cortical par recloisonnements péricycliques.

Dans l'étude des variations de la résistance d'une plante à un parasite facultatif [type eusymbionte de Gäumann ([1])], on a reconnu, depuis longtemps, que des quantités de lumière croissantes, en intensité ([2]) ou en temps d'exposition ([3]), favorisent la résistance de l'hôte ([4]), ([5]). J'ai étudié ces phénomènes en utilisant des cultures stériles de *Lepidium sativum* L.

Les graines rendues aseptiques par des passages de 10 mn à l'alcool à 95 %, puis de 10 mn dans une solution aqueuse de $HgCl_2$ à 0,1 %, et un lavage final à l'eau distillée stérile, sont déposées au fond d'un gros tube de culture sur la surface d'un milieu gélosé et stérilisé. Ce milieu, devant convenir également à la croissance de *Botrytis cinerea* Pers., contient 1 % de maltéa Moser dans du Knop à demi-concentration. Après 15 jours, les plantules sont suffisamment développées, et l'on dépose à la surface du milieu de culture quelques gouttes d'une suspension de spores de *Botrytis*. Huit jours plus tard les premiers symptômes apparaissent. Pour étudier l'influence de la lumière, on dispose, face à deux tubes luminescents superposés, deux rangées de tubes de culture, l'une à 10 cm, l'autre à 30 cm. L'éclairage est ininterrompu; son intensité est de 2000 lux à la première rangée, de 200 lux à la deuxième.

([7]) *Nature*, 169, 1952, p. 540.

([1]) *Pflanzliche Infektionslehre*, 1951, 2e édit.

([2]) H. Tint, *Phytopath.*, 35, 1945, p. 421.

([3]) Foster et Walker, *J. agric. research*, 74, 1947, p. 165.

([4]) Bibliographie générale *in* Gäumann, *loc. cit.*

([5]) Brown, Brooks et Bawden, *Proc. Roy. soc.*, 135, série B, 1947, p. 171.

On observe deux réactions : non-résistance à la deuxième rangée (198 cas sur 201), résistance à la première rangée (132 cas sur 204). Donc le dispositif a réalisé un éclairement critique permettant de voir la réaction de la plantule se porter dans un sens ou dans l'autre. Chez les plantules non résistantes, on observe, vers le huitième jour, des conidiophores à la base de l'hypocotyle. Cette zone est immédiatement surmontée d'une portion amincie, puis du reste de l'hypocotyle encore sain et d'aspect turgescent. Le territoire aminci et intercalaire peut avoir jusqu'à 1 cm de long et un diamètre réduit du tiers par rapport aux parties saines. Par la suite, le niveau à conidiophores s'élève progressivement vers le sommet, constamment précédé d'une zone amincie. Au niveau de cette dernière, la plantule peut se plier comme dans beaucoup d'autres maladies de plantules. Enfin, le reste de la plantule se dessèche ou se recouvre entièrement de conidiophores. L'observation et l'étude microscopique de la zone amincie montrent que les cellules y sont tuées et en voie de dessèchement, sans que l'on y reconnaisse un développement fongique quelconque.

Il y a donc ici une action à distance de la part du parasite, les tissus étant tués en marge de son avance sur une zone maximum de 1 cm. On peut supposer l'émission de toxines de fanaison; mais leur action semble aller beaucoup moins loin que celle des toxines étudiées par Gäumann [1] ou des substances étudiées par Gentile [6].

Chez les plantules résistantes, ayant bénéficié de plus de lumière, et d'ailleurs mieux développées, la réaction comporte, après l'entrée des hyphes dans les régions basales et extérieures de l'hypocotyle, une stabilisation définitive de ceux-ci. La hauteur du territoire envahi varie de 0,25 à 2 cm et il n'y a pas d'amincissement. En même temps et au voisinage des hyphes intercellulaires, on constate un noircissement intense des membranes des cellules. C'est avec l'apparition de cette pigmentation que s'observe le freinage des hyphes. En coupe transversale, on voit très bien les méats intercellulaires obturés sous forme de triangles colorés, jusqu'à 4 ou 5 assises en avant du mycélium. L'étude microchimique de ces dépôts a montré qu'ils étaient constitués par des mélanines. D'après Lison [7], les réactions caractéristiques des mélanines sont les suivantes : inaltérabilité par les solvants minéraux ou organiques, dépigmentation par les oxydants, argentaffinité [8] : toutes trois sont vérifiées. De plus, des fonctions phénols sont identifiables au niveau de ces composés grâce aux réactions suivantes : argentaffinité et diazotation en partant de

---

(6) *Physiol. plantarum*, 4, 1951, p. 370.
(7) *Histochimie animale*, 1936.
(8) P. MASSON, *Comptes rendus*, 158, 1914, p. 59.

benzidine ([9]), ([10]). Cette formation de phénols condensés dans les tissus qui résistent à la progression du parasite évoque, bien entendu, les faits du même ordre observés depuis longtemps par Dufrénoy ([11]). Par la suite (4 semaines), le cylindre central est souvent protégé des régions corticales infestées à la base de l'hypocotyle par des recloisonnements secondaires apparaissant dans la région péricyclique et pouvant donner 4, 5 ou 6 assises de cellules; sur 17 plantules analysées, 12 présentaient ces formations. Ces assises concentriques séparent nettement l'écorce parasitée, avec ses plages à mélanines, du cylindre central encore sain. Cette assise génératrice produit du liège à l'extérieur (réaction au soudan III positive un peu plus tard). Il s'agit donc d'une assise subérophellodermique naissant au contact des pôles ligneux (tout au moins dans la zone inférieure de l'hypocotyle présentant une structure alterne). Cette réaction rappelle les réactions de démarcation décrites par Gäumann ([1]). Toutefois, dans le cas présent, la réaction s'étend toujours à tout le pourtour du cylindre central et ne se limite jamais, comme l'observe Gäumann, à une desquamation latérale en rapport avec une plage de champignon parasite. Ces recloisonnements apparaîtront bien plus tard chez les témoins. Le parasite semble donc en stimuler la formation précoce; comme par ailleurs il accélère aussi la floraison, on peut penser à une action générale exercée par lui sur la vitesse de développement.

EMBRYOLOGIE CHIMIQUE. — *Chlorure de lithium et développement embryonnaire (aspects cytochimiques et morphologiques).* Note (*) de M. **Roger Lallier**, transmise par M. Pierre-P. Grassé.

Les embryons d'Axolotl traités par le LiCl, montrent une diminution des ribonucléoprotéides cytoplasmiques et une atténuation de leur répartition en gradients. L'utilisation du glycogène est ralentie. L'affinité des noyaux pour le vert de méthyle varie selon un gradient dans la zone dorsale. Ce gradient est atténué chez les embryons traités. La méthode des greffes croisées permet de montrer l'irréversibilité des effets du LiCl et la possibilité d'obtenir ces effets par induction.

Dans une Note précédente ([1]) nous avons indiqué certaines modifications biochimiques accompagnant l'action du LiCl sur le développement embryonnaire des Amphibiens. Nous donnons ici les résultats obtenus par l'analyse cytochimique et morphologique de jeunes embryons d'Axolotl, traités au stade de blastula avancée par une solution de LiCl à 10 ‰ pendant 3 h.

([9]) Cordier, *Bull. Hist. appl.*, 7, 1930, p. 133.

([10]) Cordier et Lison, *ibid.*, p. 140.

([11]) *IIe Congrès intern. path. comp.*, Athènes, 1936, p. 16.

(*) Séance du 16 juillet 1952.

([1]) R. Lallier, *Comptes rendus*, 235, 1952, p. 98.

Données cytochimiques. — La mise en évidence des ribonucléoprotéides responsables de la basophilie cytoplasmique est effectuée par la méthode de Brachet, à la pyronine ou au bleu de toluidine, avec un contrôle à la ribonucléase. On observe une diminution générale de la basophilie chez les embryons traités. Chez la jeune gastrula, on remarque une altération significative des gradients. Tandis que chez les embryons normaux, cette répartition s'effectue, comme l'a montré Brachet, selon un gradient présentant un maximum dans le toit du blastocèle, au niveau de la future région céphalique, puis décroissant progressivement en intensité en direction du blastopore, il est intéressant de constater chez les embryons traités, outre une diminution générale de la basophilie, un affaiblissement de ce gradient. La détection du glycogène par la technique de Lison (²), suivie d'une coloration par la méthode classique de Bauer-Feulgen, montre chez les embryons traités un ralentissement net de l'utilisation du glycogène au niveau des lèvres d'invagination dorsale et ventrale. Connaissant le rôle important attribué au glycogène lors des migrations cellulaires accompagnant l'invagination, il est intéressant de rapprocher cette diminution de l'utilisation du glycogène, des troubles de la gastrulation liés à l'action du LiCl.

La détection de l'acide désoxyribonucléique par la méthode de Feulgen a donné des résultats identiques chez les embryons témoins et traités. Cependant, l'emploi de la coloration nucléaire par le vert de méthyle préalablement purifié par le chloroforme, nous a permis de déceler des modifications intéressantes chez les embryons traités. On remarque que chez les gastrulas témoins, dans la région dorsale, l'affinité des noyaux pour le vert de méthyle croît progressivement, en direction du blastopore, la coloration étant plus intense au bord d'enroulement de la lèvre dorsale. On a ainsi affaire à un gradient typique. Cette répartition de la colorabilité nucléaire est beaucoup moins sensible chez les gastrulas lithinées, où la pente du gradient est nettement atténuée. Des recherches récentes de Pollister et Leuchtenberger (³) ont montré la possibilité de rattacher l'affinité de l'acide désoxyribonucléique pour le vert de méthyle, à son degré de polymérisation. L'affinité étant d'autant plus forte que le degré de polymérisation est plus grand. Une première application de cette méthode a été faite par Weisz (⁴) dans son étude sur le Stentor. Cet auteur conclut en faveur d'une relation entre l'activité morphogénétique de la cellule et le degré de polymérisation de l'acide désoxyribonucléique du noyau.

(²) *C. R. Soc. Biol.*, **143**, 1940, p. 115.
(³) *Proc. Nat. Acad. Sci.*, **35**, 1949, p. 111.
(⁴) *J. Morph.*, **87**, 1950, p. 275.

Dans les gastrulas témoins, il apparaît d'une façon significative, que l'affinité nucléaire pour le vert de méthyle est précisément plus grande, là où l'activité morphogénétique est à son maximum. La réduction de l'affinité nucléaire pour le vert de méthyle chez les gastrulas lithinées va de pair avec la réduction de leurs capacités morphogénétiques.

Il est ainsi possible d'envisager une liaison entre ces données cytochimiques et leur expression morphologique (hypomorphoses et changement de la détermination).

Données morphologiques. — Dans une série d'investigations effectuées à l'aide de la technique des greffes croisées, nous avons recherché la possibilité de corriger les effets du LiCl par la greffe de tissus traités dans des hôtes normaux. Nous avons greffé le champ cordomésoblastique prélevé sur des embryons traités, soit en l'insérant directement dans le blastocèle, soit en l'échangeant directement avec l'organisateur, dans une jeune gastrula non lithinée. L'évolution de ce matériel lithiné greffé nous indique que le transfert dans un hôte normal, ne lui permet pas de récupérer ses capacités morphogénétiques. Le greffon donne un massif somitique, la corde est absente, ou fortement réduite et refoulée ventralement par rapport aux somites. Ces observations impliquent ainsi l'irréversibilité de l'action du LiCl, après transfert des tissus traités dans un hôte normal.

Réciproquement, nous avons examiné le sort de matériel normal, greffé au sein d'un hôte lithiné. Cette série d'expériences représentée par la greffe du matériel chordomésoblastique normal, prélevé sur de jeunes gastrulas, dans un hôte lithiné nous montre : dans le greffon, une disparition ou une réduction de la corde, remplacée en totalité ou en partie par des somites. Ces résultats indiquent la possibilité d'induire les effets du LiCl dans des tissus sains, simplement par contact avec des tissus lithinés.

Les traces de Li fixées par les tissus ne peuvent à elles seules déterminer cet effet.

L'étude de l'évolution de la compétence (aptitude à réagir à l'influence d'un inducteur) de fragments d'épiblaste ventral de jeunes gastrulas, nous a permis de montrer que le chlorure de lithium modifie sensiblement cette propriété. En laissant « vieillir » des fragments d'épiblaste, on constate, ainsi que l'a montré Holtfreter, une disparition progressive de la compétence. Cette disparition est toutefois notablement plus rapide pour les fragments d'épiblaste traités par le LiCl. Indépendamment de l'action du LiCl sur le matériel cordomésoblastique inducteur, on doit envisager un effet sur le matériel épiblastique.

CHIMIE BIOLOGIQUE. — *Comportement de divers sels d'ammonium quaternaire acétyléniques vis-à-vis des cholinestérases sérique et globulaire.* Note de M. **Joseph Jacob** et Mme **Anna Olomucki**, présentée par M. Jacques Tréfouël.

Les cholinestérases sérique et globulaire sont modérément inhibées par cinq sels d'ammonium quaternaire acétyléniques et un des dérivés saturés correspondant. Ces inhibitions semblent être compétitives et les facteurs structuraux étudiés (acétylation, méthylation, remplacement de CO—O par CH_2—CH_2, saturation de la triple liaison) ont des influences variables selon l'enzyme en cause.

Dans des Notes antérieures (1) il a été montré par Marszak, ses collaborateurs et l'un de nous, que la présence d'une triple liaison dans des molécules de structure plus ou moins apparentée à celle de l'acétylcholine intensifie leurs propriétés parasympathomimétiques.

Dans ce travail, nous avons étudié le comportement de quelques-uns de ces dérivés acétyléniques vis-à-vis des cholinestérases sérique et globulaire.

La méthode utilisée est celle, classique, de Ammon (2).

Les esters acétiques (I) et (II), qui diffèrent respectivement de l'acétylcholine et de l'acétyl-β-méthylcholine par l'interposition d'un groupement C≡C en position α par rapport à la fonction ammonium quaternaire, sont hydrolysés par les deux enzymes beaucoup moins rapidement que l'acétylcholine : ceci est vraisemblablement la conséquence, non pas de la présence d'une triple liaison, mais bien de la longueur du résidu alcoolique [*cf.* (3) (4)], car l'hydrolyse de l'ester acétiquesaturé (III) [correspondant à (I)] est également très lente.

Par ailleurs, ces trois esters et les autres dérivés étudiés inhibent modérément l'hydrolyse enzymatique de l'acétylcholine elle-même (tableau). Dans le cas de la cholinestérase plasmatique, le pouvoir inhibiteur est accru par l'acétylation [comparer (I) à (IV), (II) à (V)], par la méthylation en position 4 [comparer (II) à (I), et (V) à (IV)] et par le remplacement de CO—O par CH_2—CH_2 [comparer (VI) à (I)]; il n'est pas modifié par la saturation de la triple liaison [comparer (III) à (I)]. Dans le cas de l'acétylcholinestérase globulaire, par contre, les influences de l'acétyla-

---

(1) J. Marszak et coll., *Comptes rendus*, **231**, 1950, p. 80, 186 et 1578; **233**, 1951, p. 350; **234**, 1952, p. 1230.

(2) *Pflügers Arch.*, **233**, 1934, p. 486.

(3) D. Glick, *J. Biol. Chem.*, **125**, 1938, p. 729.

(4) D. H. Adams et V. P. Whittaker, *Biochem J.*, **43**, 1948, p. xiv ; *Biochem. et Biophys. Acta*, **4**, 1950, p. 543.

tion et de la méthylation sont moins homogènes, l'effet du remplacement de CO—O par CH_2—CH_2 [(I)-(VI)] moins intense, et surtout la saturation de la triple liaison [(I)-(III)] diminue nettement le pouvoir inhibiteur. Dans l'un et l'autre cas, les inhibitions sont fonction, non seulement de la concentration de l'inhibiteur, mais également de celle du substrat, ce qui plaide en faveur d'un mécanisme compétitif; ce dernier a été précisé, pour l'inhibition de la cholinestérase, par (I) et (III) grâce à la méthode graphique de Lineweaver et Burke (5) qui a fourni des constantes d'inhibition de, respectivement, environ $2,5.10^{-3}$ et 4.10^{-4}.

	Concentrations inhibant de 50 % les cholinestérases.		Inhibition en % des cholinestérases.			
	(1) sérique.	(2) globulaire.	(3) sérique. A.	B.	(4) globulaire. C.	D.
(I) $CH_3CO.O.CH_2.C{\equiv}C.CH_2N(CH_3)_3.I$	5.10^{-2}	1.10^{-3}	48	34	69	55
(II) $CH_3CO.O.CH(CH_3).C{\equiv}C.CH_2N(CH_3)_3.I$	4 »	4 »	59	40	35	23
(III) $CH_3CO.O.(CH_2)_3.CH_2N(CH_3)_3.I$	5 »	>5 »	48	36	22	33
(IV) $HO.CH_2.C{\equiv}C.CH_2N(CH_3)_3.I$	8 »	≥5 »	25	12	22	–
(V) $HO.CH(CH_3).C{\equiv}C.CH_2N(CH_3)_3.I$	5 »	4 »	53	36	35	–
(VI) $CH_3.(CH_2)_3.C{\equiv}C.CH_2N(CH_3)_3.I$	5.10^{-3}	$0,5-1.10^{-3}$	85	74	75	67

Les préparations enzymatiques sont constituées respectivement par du sérum de Cheval et des globules rouges de Chien (hémolysés) dilués avec $NaHCO_3$ 0,025 M.

(1) Concentration du substrat : 0,06 M.
(2) » du substrat : 0.005 M.
(3) » de l'inhibiteur 0,03 M, pour A : 0,03 M; B 0,06 M de substrat.
(4) » de l'inhibiteur 0,0025 M, pour C : 0,0025 M; D 0,05 M de substrat.

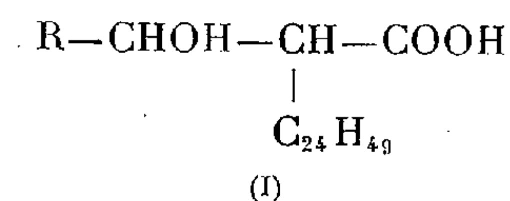
Il semble donc que les variations du pouvoir inhibiteur puissent traduire des affinités plus ou moins intenses des composés pour les centres actifs (de fixation) des enzymes; dans ces conditions et dans le cas étudié (I) la fonction ester ne contribuerait à cette affinité que dans la mesure où elle implique une certaine longueur de la molécule, puisque le composé (VI), approximativement de même longueur mais dépourvu de cette fonction, a un pouvoir inhibiteur plus accusé que (I). D'autre part, la triple liaison ne modifierait pas la fixation du composé sur l'enzyme dans le cas de la cholinestérase sérique mais bien dans celui de l'acétylcholinestérase globulaire.

(5) L. Massart, *The Enzymes*, Academic Press Inc., New-York, 1950, p. 315.

CHIMIE BIOLOGIQUE. — *Sur un acide mycolonique (nouveau type d'acide mycolique) isolé d'une souche bovine de* Mycobacterium tuberculosis ([1]). Note ([*]) de M[lle] **Hélène Demarteau** et M. **Edgar Lederer**, transmise par M. Jacques Duclaux.

La souche bovine Marmorek contient un acide mycolique $C_{87}H_{172}O_4$ F 58-60° qui porte un hydroxyle en β et un groupement cétonique. C'est la première fois que l'on a constaté la présence d'un carbonyle dans un acide mycolique. Nous proposons d'appeler *acides mycoloniques* les acides mycoliques contenant un groupement cétonique. L'acide γ-mycolique de la souche bovine Vallée, décrit précédemment, est également un acide mycolonique.

Les acides mycoliques de souches humaines de *Mycobacterium tuberculosis* étudiés par J. Asselineau et E. Lederer ([2]) ont la formule approximative $C_{88}H_{176}O_4$ proposée par F.-N. Stodola, A. Lesuk et R.-J. Anderson ([3]) et la structure générale (I)



où R est un reste saturé, ramifié, d'environ 60 atomes de carbone et porte un méthoxyle ou un hydroxyle. Quelques acides mycoliques de souches humaines ne possèdent que trois atomes d'oxygène (un COOH et un OH en β ou un OCH_3) ([4]).

Dans une Note précédente, H. Demarteau ([5]) a décrit les acides mycoliques de la souche bovine Vallée [acide α-mycolique F 65-67°, $C_{87}H_{174}O_3$, acide β-mycolique F 54-56°, $C_{88}H_{176}O_4$ et acide γ-mycolique F 62-64°, $C_{87}H_{174}O_4$ ([6])].

Dans la présente Note nous décrivons un acide β-mycolique isolé de la souche bovine Marmorek et nous montrons que cet acide, $C_{87}H_{172}O_4$, possède un hydroxyle en β et un *groupement carbonyle*. Nous avons trouvé que l'acide γ-mycolique de la souche Vallée possède également un groupe CO.

Nous avons préparé l'acide mycolique brut de la souche Marmorek d'après

---

([*]) Séance du 16 juillet 1952.

([1]) XVI[e] communication sur les constituants des mycobactéries; XV[e] communication, M. Barbier et E. Lederer, *Biochim. Biophys. Acta*, 8, 1952, p. 591.

([2]) *Biochim. Biophys. Acta*, 7, 1951, p. 126.

([3]) *J. Biol. Chem.*, 126, 1938, p. 505.

([4]) J. Asselineau, *Communication au II[e] Congrès intern. de Biochimie*, Paris 1952.

([5]) *Comptes rendus*, 232, 1951, p. 2494.

([6]) Nous adoptons provisoirement des formules en C_{87} pour les acides mycoliques non méthoxylés et en C_{88} pour les acides mycoliques méthoxylés; pour des exposés récents sur la chimie des acides mycoliques, *voir* ([9]).

la méthode décrite précédemment (2). La chromatographie sur alumine permet de le séparer en deux acides mycoliques, α et β (2).

L'acide α-mycolique Marmorek fond à 50-52° et semble être un mélange d'un acide méthoxylé et d'un acide non méthoxylé. (Analyse de l'ester méthylique F 39-40° : trouvé, C 81,70; H 13,88; OCH_3, 4,09 % ; calculé pour $C_{88}H_{176}O_4$, C 81,41 ; H 13,66; pour un OCH_3 2,38 %). De tels mélanges sont très difficiles à séparer; nous en avons déjà rencontré dans les souches H 37 Rv et Ra (7).

L'acide β-mycolique Marmorek F 62-64°, constitue environ 10 % de l'acide mycolique brut, il est dépourvu de méthoxyle (trouvé, C 81,02; H 13,47 % ; P. M. 1273, par titrage; $C_{87}H_{172}O_4$, calculé C 81,49; H 13,55 % ,P. M. 1286).

L'ester méthylique fond à 48-49° (trouvé, C 81,51 ; H 13,58; OCH_3 2,58 % ; calculé pour $C_{88}H_{174}O_4$: C 81,53; H 13,53; OCH_3 2,39 % .

La pyrolyse de l'acide β-mycolique donne de l'*acide n-hexacosanoïque* F 85-86°, ce qui montre qu'il a également la formule générale (1), (2).

Nous avons prouvé la présence d'un *groupement carbonyle* dans l'acide β-mycolique par la préparation d'une oxime, F 47-49° (trouvé, C 80,39; H 13,87; N 1,47 % ; calculé pour $C_{87}H_{173}O_4N$; C 80,55; H 13,44 ; N 1,08 %).

L'acide β-mycolique Marmorek ne donne qu'un *mono-acétate* (F 38-39°) après traitement avec le chlorure d'acétyle dans la pyridine (trouvé C 80,58; H 13,50 % ; calculé pour $C_{89}H_{174}O_5$; C 80,71 ; H 13,27 %). Après réduction du CO de l'acide par $NaBH_4$ (8) et acétylation du produit de réduction nous avons obtenu un *diacétate* de l'acide β-mycolique réduit (F 28-30°) (trouvé C 79,73; H 13,23 %; P. M. 1320, par titrage; calculé pour $C_{91}H_{178}O_6$: C 79,87; H 13,11 %; P. M. 1368).

Il s'agit d'un groupe *cétonique* et non aldéhydique, car l'oxydation de l'acide β-mycolique avec un excès de CrO_3 donne une substance *neutre* F 70°. (Trouvé, C 83,14 ; H 13,95 % ; calculé pour $C_{86}H_{170}O_2$: C 83,56; H 13,86 %). Il semble que nous ayons affaire à une dicétone résultant de la décarboxylation de l'acide β-cétonique III.

L'acide γ-mycolique Vallée donne également une *oxime*, qui fond à 46-49°. (Trouvé, C 80,35; H 13,65; N 1,2 % calculé pour $C_{87}H_{173}O_4N$, C 80,55; H 13,44; N 1,08 %). Il s'ensuit qu'il a 2 H de moins qu'indiqué précédemment (5) et qu'il possède un OH et un CO.

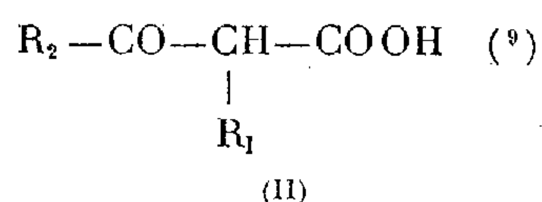
Les points de fusion des acides β-mycolique Marmorek et γ-mycolique Vallée et de leurs dérivés sont très voisins. Nous pensons que ces deux acides pourraient être identiques.

C'est la première fois que l'on a trouvé des acides mycoliques cétoniques. Nous proposons de les appeler *acides mycoloniques*.

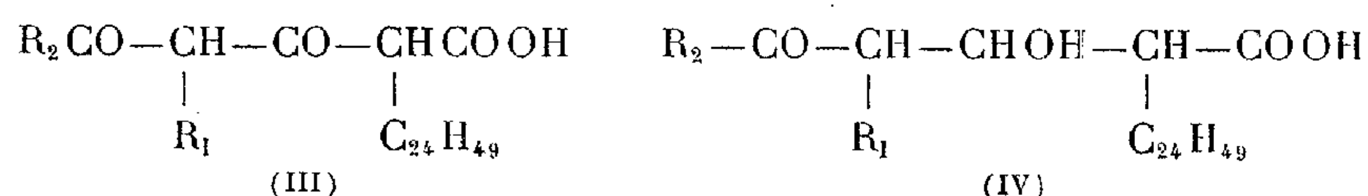
---

(7) J. Asselineau, H. Demarteau et E. Lederer, *Comptes rendus*, 230, 1950, p. 877.
(8) S. W. Chaikin et W. G. Brown, *J. Amer. Chem. Soc.*, 71, 1949, p. 122.

La *biosynthèse* des acides mycoliques pourrait s'expliquer par la condensation de plusieurs molécules d'acides gras à longue chaîne; dans cette condensation, le carboxyle d'un acide se condenserait sur le carbone α d'un autre acide pour former un acide β-cétonique intermédiaire, du type (II)



L'acide (II) pourrait se condenser avec l'acide *n*-hexacosanoïque pour former l'acide (III) qui serait réduit en acide mycolonique (IV)



La réduction du CO de l'acide (IV) conduirait aux acides dihydroxylés ([7]) la méthylation de l'hydroxyle aux acides méthoxylés ([2]).

La présence d'un groupement cétonique dans des acides mycoliques bovins est un nouvel argument en faveur de l'hypothèse de biosynthèse formulée précédemment ([9]).

PHARMACOLOGIE. — *Relations entre la structure des dihalogénométhylates de* bis-(*aminophénoxy*) *alcanes et arylalcanes et leur action sur la transmission neuromusculaire*. Note ([*]) de Mlle **France Depierre** et M. **Albert Funke**, présentée par M. Jacques Tréfouël.

L'étude des dihalogénométhylates de *bis* (phénoxy) diméthylbenzènes nous a permis de confirmer l'importance de la position de la fonction ammonium quaternaire et de constater, d'autre part, que la nature du pont reliant les deux noyaux porteurs des fonctions ammonium quaternaires joue aussi un rôle déterminant dans l'action de ces produits sur la transmission neuromusculaire.

Les propriétés paralysantes ([1]) et décurarisantes ([2]), ([3]) de certains dihalogénométhylates de *bis*-(aminophénoxy) alcanes ont été décrites antérieurement.

([9]) E. Lederer, *Chemistry and Biochemistry of the Mycobacteria*, 46 pages, in *Colloquium on the Chemotherapy of Tuberculosis;* Trinity College, Dublin, 1951 et *Chimie et biochimie des lipides des Mycobactéries;* rapport au *IIe Congrès de Biochimie*, Parisî, 1952.

([*]) Séance du 16 juillet 1952.

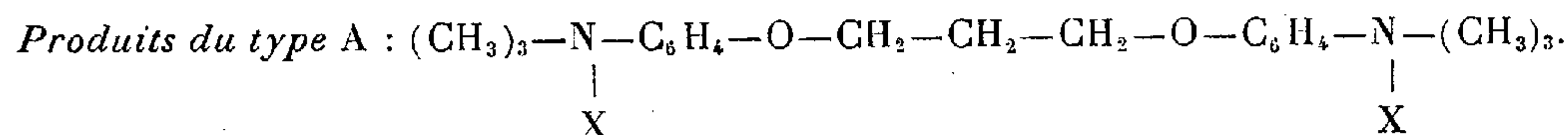
([1]) D. Bovet, S. Courvoisier, Ducrot et Horclois, *Arch. int. Pharmacodyn.*, **80**, 1949, p. 137.

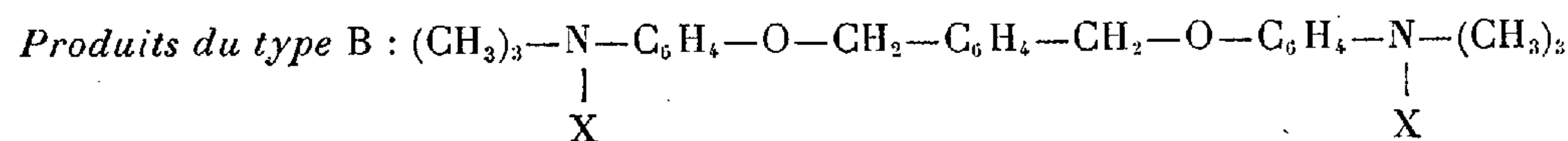
([2]) A. Funke et F. Depierre, *Comptes rendus*, **230**, 1950, p. 245.

([3]) A. Funke, W. Krucker et F. Depierre, *Comptes rendus*, **231**, 1950, p. 498.

Ces propriétés dépendent du nombre d'atomes de carbone du pont reliant les deux noyaux et de la position de la fonction ammonium quaternaire.

Nous avons étendu cette étude en préparant les neuf dihalogénométhylates de *bis*-(aminophénoxy) diméthylbenzènes dont un dérivé a déjà été étudié ([3]). Nous avons déterminé l'action paralysante et décurarisante de ces neuf isomères avec la méthode adoptée dans nos travaux précédents ([1]). Pour préciser les relations qui existent entre les propriétés décurarisantes et l'activité anti-cholinestérasique, nous avons déterminé, par la méthode d'Anmond, la concentration moléculaire de ces produits capable d'inhiber *in vitro* la cholinestérase spécifique des globules rouges. Nous résumons nos résultats dans le tableau suivant :





Position 1 : La fonction ammonium quaternaire est en ortho, méta ou para.

Position 2 : Les groupements CH_2 de la chaîne arylaliphatique reliant les deux noyaux phénoliques se trouvent en ortho, méta ou para, l'un par rapport à l'autre.

Produits CT.	X.	Positions. 1.	Positions. 2.	*Chat chloralosé.* Préparation sciatique gastrocnémien (mg/kg). Dose paralysante.	Action antagoniste du produit vis-à-vis de l'action paralysante du flaxedil.	Action antagoniste de la prostigmine vis-à-vis de l'action paralysante du produit.	Concentration moléculaire inhibant de 50 % l'activité cholinestérasique [globules rouges (chien)].
Produits type A :							
2838	I	*o*	–	2	—	+	10^{-3}
2842	I	*m*	–	15	+ (0,1)	—	10^{-7}
2785	I	*p*	–	5-10	+ (0,1-0,2)	—	3.10^{-7}
Produits type B :							
2948	I	*o*	*o*	1	—	+	10^{-4}
2951	I	*o*	*m*	0,6	—	+	10^{-5}
2899	I	*o*	*p*	0,5	—	+	6.10^{-5}
2950	I	*m*	*o*	5	—	—	10^{-4}
2947	I	*m*	*m*	5	±	—	6.10^{-6}
2901	Cl	*m*	*p*	5	±	—	6.10^{-6}
2949	I	*p*	*o*	5	—	—	10^{-4}
2963	I	*p*	*m*	0,2	+ (2)	—	6.10^{-6}
2893	I	*p*	*p*	0,2	+ (2)	—	6.10^{-6}

Les dihalogénométhylates de *bis*-(aminophénoxy) diméthylbenzènes se montrent très actifs sur la pression artérielles; la plupart de ceux-ci provoquent une hypotension profonde et prolongée chez le Chien chloralosé dès la dose de 100 γ/kg. L'étude de leur action sur la transmission neuromusculaire nous a permis de constater que la position de la fonction ammonium quaternaire joue le même rôle que dans la série aliphatique : en effet, tous les dérivés ortho étudiés sont des curarisants du type *d*-tubocurarine (antagonisés par la prostigmine); au contraire, les dérivés méta et para sont des paralysants, soit du type décaméthonium ([4]) (n°s 2947, 2901, 2963 et 2893 CT), soit d'un type intermédiaire (2950 et 2949 CT).

Ces propriétés dépressives sont, d'une façon générale, accrues par la présence du noyau benzénique sur la chaîne; en particulier le 2893 CT se montre 25 fois plus actif que le dérivé aliphatique correspondant.

De même, on ne constate des propriétés décurarisantes que dans les dérivés méta et para dont le pouvoir décurarisant est cependant inférieur à celui des phénoxyalcanes.

La position des groupements CH_2 sur le noyau benzénique central apporte de nouvelles variations, importantes surtout pour les propriétés décurarisantes : les dérivés ortho, même si la fonction ammonium quaternaire est en méta ou para, sont dénués de cette activité. On constatera enfin, que dans l'ensemble, les propriétés décurarisantes ne se manifestent que si les substances ont un pouvoir anticholinestérasique suffisant pour inhiber de 50 % l'activité enzymatique globulaire à des concentrations inférieures à $M.10^{-5}$.

On peut donc conclure de ce travail que le remplacement du pont aliphatique par un pont arylaliphatique dans les dihalogénométhylates de *bis*-(aminophénoxy) alcanes augmente l'action paralysante des neuf isomères étudiés et diminue l'action décurarisante lorsqu'elle existait. D'une façon générale, le pouvoir décurarisant n'apparaît que pour les dérivés doués d'une activité anticholinestérasique suffisante.

MICROBIOLOGIE. — *Isolement d'un ultra-virus dans un cas de méningite endothélio-leucocytaire multirécurrente bénigne.* Note de M. **Pierre Mollaret** et Mlle **Geneviève Cateigne**, présentée par M. Georges Guillain.

Depuis l'isolement de cette maladie par P. Mollaret en 1944 ([1]), toutes les recherches étiologiques étaient demeurées infructueuses. Dans un

([4]) W. D. M. Paton et E. J. Zaimis, *Brit. J. Pharmacol.*, 4, 1949, p. 381.

([1]) *Revue neurologique*, 76, 1944, 3-4, p. 59-76 et *Ann. Inst. Pasteur*, 71, 1945, 1-2, p. 1-17.

dernier cas, comportant quelques particularités [2] et étudié depuis 1949, il a été au contraire possible d'isoler de façon régulière (Ier isolement en date du 19 octobre 1949, dernier isolement en date du 21 mai 1952), un ultra-virus (souche MC), dont les caractères suivants peuvent actuellement être considérés comme acquis.

POUVOIR PATHOGÈNE. — *A partir du liquide céphalo-rachidien*, l'inoculation a été réussie uniquement en embryon de poulet. *La voie chori-oallantoïdienne* a été acquise d'emblée (11 succès sur 15 essais); un second passage a été obtenu 4 fois sur 5; le passage en cavité amniotique a été obtenu une fois sur deux. Plusieurs souches sont conservées bloquées à —25°.

La voie amniotique s'est avérée un peu plus difficile : sur 37 échantillons de liquides céphalo-rachidiens inoculés, 20 ont donné d'emblée un résultat positif ou douteux; sur les 17 liquides restants, 5 ont donné un résultat positif ou douteux lors des passages systématiques ultérieurs. Deux souches sont régulièrement entretenues par lyophilisation et réinoculations alternées (respectivement 28 et 13 passages).

A partir du sang, 3 inoculations sur 5 furent positives. Enfin, un prélèvement de *salive* et une *biopsie parotidienne* permirent de retrouver le même virus.

Toutes ces inoculations positives ne furent obtenues qu'en période d'accès, à l'exception du sang qui fut positif 2 fois sur 4 dans l'intervalle des accès.

Les tentatives d'inoculations directes du liquide céphalo-rachidien à différentes espèces animales ont pratiquement échoué jusqu'à présent. Les tentatives d'inoculation du virus MC sont en cours; seul le furet paraît actuellement à retenir, la voie nasale ayant entraîné, chez deux furets, des réactions fébriles indiscutables et de mêmes dates.

DONNÉES MORPHOLOGIQUES. — *L'examen microscopique des embryons de poulet* (dont la mort fut fréquente) montre le développement de plages hémorragiques dans les tissus de soutien et les ébauches d'organes, mais sans dégénérescences primitives des cellules. A souligner la présence d'inclusions oxyphiles dans les neurones et les cellules hépatiques; des inclusions analogues ont été retrouvées dans la biopsie parotidienne.

La photographie au microscope électronique réalisée par J. Giuntini au Laboratoire de P. Lépine montre, dans le liquide allantoïdien purifié par ultracentrifugation, l'existence de corpuscules de l'ordre de 50 mμ, avec quelques formes filamenteuses.

---

(2) *Bull. Mém. Soc. Méd. Hôp. Paris*, 68, 1952, séance du 11 juillet (sous presse).

Études sérologiques. — La neutralisation sur œuf embryonné du virus MC a été recherchée avec différents sérums immuns (grippe, oreillons, maladie de Newcastle); seule une relation avec certaines souches du virus grippal A′ et porcin SW doit être retenue, d'autant qu'elle se retrouve dans les essais de neutralisation des virus correspondants par le sérum anti MC de lapin, ainsi que dans l'inhibition par le même sérum des hémagglutinations réalisées par les mêmes virus.

Si l'étude du virus MC exige encore de très nombreuses recherches complémentaires, il semble que l'on puisse le ranger dès maintenant dans le groupe des virus susceptibles de se fixer sur les hématies, de provoquer l'hémagglutination et de susciter dans le sérum de certains animaux la formation d'anticorps inhibant spécifiquement cette hémagglutination.

A noter par contre que, chez le malade correspondant, tout anticorps de ce genre a fait spontanément défaut, même après trois années d'évolution. Des tentatives d'immunisation sont actuellement tentées chez lui par des injections intradermiques répétées de virus tué.

La recherche d'un virus de type MC s'imposera dans l'avenir, lors de la rencontre de nouveaux cas de méningite endothélio-leucocytaire multirécurrente bénigne et tranchera définitivement le problème de concevoir cette affection soit comme une maladie proprement dite, soit comme un syndrome d'étiologies multiples.

VIROLOGIE. — *Sur l'extraction et l'inoculation par voie mécanique de certains virus affectant les Fraisiers.* Note de M. **Pierre Cornuet**, présentée par M. Albert Demolon.

Les virus du Fraisier ne sont pas inoculables mécaniquement par les procédés habituels. Bawden et Kleczkowski (1945) ont suggéré que les virus étaient précipités par les tanins au cours de l'extraction du jus. Les tanins sont, en effet, normalement localisés dans les vacuoles, mais le broyage des tissus provoque leur mélange avec les éléments d'origine cytoplasmique dont ils sont alors en mesure de précipiter les protéines. Ces auteurs ont vérifié que le virus de la Mosaïque du Tabac était précipité et dénaturé lorsqu'il était mis en présence de jus de Fraisier.

En raison de l'impossibilité où l'on a été jusqu'à présent d'obtenir *in vitro* des préparations virulentes des virus du Fraisier, ceux-ci ne sont connus que par les symptômes des maladies qu'ils provoquent, soit isolément, soit en combinaison et également par certaines propriétés de leur transmission par l'agent vecteur *Capitophorus Fragariæ* (longueur du repas nécessaire pour rendre un puceron infectieux, persistance du virus dans l'organisme de l'insecte, etc.).

Partant de l'hypothèse suivant laquelle la difficulté de l'extraction des virus du Fraisier tiendrait essentiellement à l'action d'agents dénaturants, essentiellement représentés par les tanins libérés au cours de l'extraction des jus, nous avons tenté d'éliminer leur action.

Au cours d'une étude analogue sur le virus de la Mosaïque du Dahlia, P. Cornuet et all. (1) avaient montré que l'extraction dans une solution de nicotine à 10 % en présence d'antioxydants, permettait d'éviter au moins en partie, la précipitation et la dénaturation du virus et d'obtenir des préparations virulentes. Thung (2) a observé ultérieurement que l'addition de sulfate de nicotine empêchait la dénaturation du virus de la Mosaïque du Tabac par les jus de Fraisiers.

Malheureusement, l'application de cette technique ne s'est pas révélée efficace pour l'extraction des virus du Fraisier. Cette plante est, en effet, beaucoup plus riche en tanin que le Dahlia et, d'autre part, les virus qui l'attaquent sont peut-être fragiles et susceptibles d'être détruits au cours de la période de contact avec les tanins qui précède la précipitation de ces derniers par la nicotine.

Nous nous sommes donc orienté vers la mise au point d'une technique permettant l'élimination des tanins avant l'extraction des virus.

L'alcool éthylique est le solvant habituel des matières tanniques, mais il est indispensable que son emploi ne nuise pas à l'activité du virus.

Nous avons alors protégé le virus de l'action déshydratante de l'alcool par lyophilisation, c'est-à-dire en effectuant au préalable une déshydratation non dénaturante sur le matériel à traiter par l'alcool.

La technique peut être résumée comme suit : des échantillons de feuilles de Fraisiers infectés par des complexes de virus sont introduits dans des ballons que l'on immerge complètement avec leur contenu dans l'air liquide de façon à réaliser une congélation brutale du matériel. Les ballons sont ensuite branchés directement sur un appareil à lyophiliser et maintenus sous vide pendant 5 à 6 h. L'appareil est alimenté à la neige carbonique en fusion dans l'alcool. Lorsque la déshydratation est complète, les feuilles se brisent comme du verre. On les réduit alors en poudre fine à l'aide d'un agitateur. Cette poudre est ensuite épuisée par de l'alcool éthylique à 96° à la température du laboratoire (environ 40 ml d'alcool pour 150 mg de poudre). On centrifuge 10 mn à 6 000 t/mn pour recueillir les particules en suspension et éliminer l'alcool. Un minimum de sept extractions successives est nécessaire pour obtenir l'élimination des tanins,

---

(1) *Comptes rendus*, **231**, 1950, p. 913.

(2) T. H. Thung et J. P. H. Van der Want, *Tijds. ov. Plantenziekten*, **57**, 1951, p. 173-174.

celle-ci étant appréciée par l'absence de coloration de l'alcool surnageant en présence de perchlorure de fer. Le culot final est débarrassé de l'alcool par évaporation sous vide, puis mis en suspension pendant 12 h dans de l'eau distillée ou dans un tampon phosphaté à pH 6,9. Une centrifugation finale élimine la partie insoluble.

La solution restante contient alors, en plus de la fraction protéique, une grande quantité de pectines dont la présence risque de rendre difficile la purification ultérieure du virus.

Les solutions brutes obtenues ont été inoculées mécaniquement à l'aide de carborundum à des *Fragaria vesca* sains, cette espèce ayant été choisie en raison de sa haute sensibilité aux différents virus du Fraisier. Les inoculations ont été réalisées sur des séries de cinq plantes.

Les symptômes observés au bout de 3 semaines se sont manifestés sur deux à quatre plantes dans chaque série de cinq.

Les extraits obtenus à partir du *Fragaria vesca* et des Fraisiers cultivés présentaient à peu près la même virulence et provoquaient les mêmes symptômes. Ceux-ci paraissent, d'après leur aspect, devoir être rapportés en première approximation au virus 1 de Prentice.

Dans une autre série d'essais, les solutions virulentes ont été chauffées 10 m à 95° dans le but de précipiter le ou les virus tout en augmentant la solubilité des pectines, de façon à éliminer celles-ci.

Le précipité a été mis en contact pendant 12 h avec l'acide perchlorique normal dans le but d'extraire les acides nucléiques présents.

Des extraits de plantes saines ont été semblablement traités.

Les produits obtenus ont été analysés au spectrophotomètre à des longueurs d'onde comprises entre 230 et 290 mμ. Bien que l'acide perchlorique ait extrait des substances surnuméraires absorbant dans ces longueurs d'onde, un léger maximum correspondant à 260 mμ a pu être mis en évidence dans les extraits de plantes malades et marque la présence d'acides nucléiques non décelables dans les extraits de plantes saines.

Cette étude fournit un nouvel exemple de virus dont la non-transmissibilité par voie mécanique était due à la présence d'inhibiteurs. L'élimination de ces derniers dans l'inoculum permet d'obtenir un certain pourcentage d'inoculations mécaniques positives.

En outre, nous avons montré que la lyophylisation permet d'utiliser l'alcool pour la séparation de certains virus.

PATHOLOGIE EXPÉRIMENTALE. — *Intérêt de la réticulocytose sanguine dans le paludisme expérimental du Rat blanc à* Plasmodium berghei. Note (*) de MM. **Georges Fabiani, Josanne Clausse** et **Georges Fulchiron**, transmise par M. Gaston Ramon.

L'étude de l'infection plasmodiale du Rat montre que les hématozoaires ont une affinité élective pour les réticulocytes sanguins et que des variations provoquées de la réticulocytose entraînent des variations parallèles de l'intensité de l'infection. Le paludisme du Rat apparaît comme une des très rares infections au cours desquelles on peut mesurer et faire varier le facteur qui joue le rôle prédominant dans la réceptivité de l'hôte au microbe parasite.

Les observations de Galliard, Baldi, Ramakrishman, Coradetti, Sherwood Jones ont montré que *Plasmodium berghei* (Vincke et Lips, 1948) a une grande affinité pour une variété de globules rouges, les hématies à substance réticulo-filamenteuse ou réticulocytes. En raison de l'intérêt que peut présenter ce parasitisme électif des érythrocytes immatures, nous en avons entrepris l'étude chez 90 rats blancs (*Rattus norvegicus*, var. *albus*) en faisant varier les conditions expérimentales et en appliquant les techniques précises que nous avons employées dans le paludisme expérimental du Rat (détermination du pourcentage des hématies parasitées et aussi de la proportion et du nombre absolu des réticulocytes libres ou parasités) ([1]).

Nos recherches ont abouti aux constatations suivantes :

1. La courbe de parasitémie suit fidèlement la courbe de réticulocytose sanguine pendant toute la période d'infection ascendante : tous les réticulocytes, et eux seuls, sont parasités. Lors de la crise qui survient à l'acmé de l'infection, le nombre, absolu et relatif, des réticulocytes augmente pendant que diminue celui des globules rouges parasités. Cette dissociation des deux courbes a une valeur pronostique heureuse. Par contre, quand la réticulocytose baisse en même temps que la parasitémie, la mort survient.

2. L'augmentation artificielle de la réticulocytose, par injection de vitamine B 12 ou de chlorhydrate de phénylhydrazine, entraîne une augmentation parallèle de l'infection, et l'ascension de la parasitémie est d'autant plus rapide que la réticulocytose est plus forte.

Inversement, on peut, par des transfusions quotidiennes de sang provenant de rats neufs, empêcher l'élévation de la réticulocytose d'un rat impaludé : l'intensité de l'infection n'augmente pas et la parasitémie ne dépasse pas 2 ou 3 %.

(*) Séance du 16 juillet 1952.

([1]) G. Fabiani, P. Grellet, R. Vargues, G. Fulchiron et A. Vérain, *Ann. Inst. Pasteur*, 82, 1952, p. 721.

Les variations de la réticulocytose entraînent donc, sans intervention d'aucun facteur d'immunité acquise, ni d'aucun agent chimiothérapique, des variations de l'intensité de l'infection.

3. Ces observations expliquent plusieurs constatations paradoxales que nous avons faites lors de l'infection première du Rat ou lors de réinfections (2), (3) :

a. Quand après une inoculation d'une faible quantité d'hématozoaires, la parasitémie devient patente et atteint un taux de 1 à 2 %, la proportion des hématies parasitées s'élève ensuite rapidement et régulièrement. Or, si nous pratiquons une inoculation massive, la parasitémie atteint, en quelques heures, un taux de 1 ou 2 %, mais elle ne s'élève pas dans les jours qui suivent : elle se maintient au même chiffre, ou même décroît pendant 1, 2 ou 3 jours pour revenir ensuite au taux de 2 ou 3 %. Il est facile de constater que le facteur qui s'oppose à l'augmentation rapide de la parasitémie est l'absence d'un nombre suffisant de réticulocytes : il faut quelques jours pour qu'augmente le taux normal des réticulocytes qui est, chez le Rat, de 1 ou 2 %. Il suffit d'ailleurs de provoquer une forte réticulocytose avant que l'animal reçoive cette inoculation massive, pour supprimer ce stade d'infection stationnaire et réaliser une parasitémie d'autant plus rapidement ascendante que le taux de la réticulocytose est plus élevé.

b. Enfin, les variations du nombre des réticulocytes sanguins commandent la réceptivité paradoxale que présente, dans certaines circonstances, le Rat immunisé. En effet, à la guérison de la primo-infection succède une période d'infection latente pendant laquelle la splénectomie provoque le réveil du paludisme. Mais nous avons remarqué que cette rechute parasitémique a souvent une évolution très aiguë que ne connaît jamais le paludisme de primo-invasion, même après splénectomie. D'autre part, après ablation de la rate d'un animal immunisé et injection d'une quantité massive d'hématozoaires, la parasitémie est, pendant quelques jours, plus importante qu'après une inoculation identique faite chez un Rat neuf, même splénectomisé. Il est donc deux circonstances dans lesquelles on remarque que le Rat immunisé et splénectomisé est temporairement plus réceptif au *Plasmodium* que le Rat neuf, même splénectomisé.

Là encore, l'explication est fournie par le taux des réticulocytes sanguins. L'évolution très rapidement ascendante de la parasitémie est due à la réticulocytose anormalement élevée qu'entretient souvent l'infection latente et c'est dans la mesure où la réticulocytose est déjà importante, ou s'élève vite, que l'infection sanguine croît rapidement.

---

(2) G. Fabiani, G. Fulchiron et J. Clausse, *Société de Biologie d'Alger*, mai 1952.
(3) G. Fabiani, J. Clausse et G. Fulchiron, *Société de Biologie d'Alger*, mai 1952.

Ces expériences démontrent l'affinité dominante de *P. berghei* pour les hématies immatures du Rat. Ce qui permet, dans l'étude de ce paludisme, d'apprécier, de façon précise, un élément essentiel du *terrain* sur lequel se développe l'infection, puisque l'on peut compter ces hématies aptes à être parasitées et calculer leur nombre absolu dans le sang. On peut même déterminer des variations de la réticulocytose et provoquer ainsi des variations parallèles de l'infection. Cet élément essentiel de réceptivité naturelle peut varier indépendamment de l'immunité spécifique : c'est ainsi que l'artifice de la splénectomie, supprimant temporairement l'immunité acquise, révèle que le Rat guéri d'une infection première peut présenter une réceptivité que le Rat neuf ne présente pas au même degré.

Le paludisme du Rat apparaît donc comme une des très rares maladies infectieuses au cours desquelles on peut mesurer et faire varier le facteur qui joue le rôle prédominant dans la réceptivité de l'hôte au microbe parasite.

La séance est levée à 15 h 20 m.

L. B.

ACADÉMIE DES SCIENCES.

SEANCE DU LUNDI 28 JUILLET 1952.

PRÉSIDENCE DE M. ALBERT CAQUOT.

MÉMOIRES ET COMMUNICATIONS
DES MEMBRES ET DES CORRESPONDANTS DE L'ACADÉMIE.

M. le **PRÉSIDENT** souhaite la bienvenue à M. **ARNE TISELIUS**, Professeur de biochimie à l'Université d'Uppsala, Lauréat du Prix Nobel, qui assiste à la séance.

M. **EMMANUEL LECLAINCHE** signale l'émoi qui s'est emparé du pays en présence de l'épizootie de fièvre aphteuse qui règne actuellement et qui a envahi toute la France. Il demande qu'une Commission de l'Académie des sciences soit nommée qui se rendrait auprès de M. le Ministre de l'Agriculture, afin d'étudier avec lui et ses services les mesures à prendre pour lutter avec efficacité contre le fléau. Parmi ces mesures, figure en premier lieu l'application des règlements sanitaires grâce auxquels certains pays européens, pourtant sévèrement menacés, ont pu se protéger contre l'épizootie, règlements qui semblent avoir été négligés en France.

HISTOIRE DES SCIENCES. — *L'abbé Antoine Le Gendre* (1590-1665) *est-il l'inventeur de la culture des arbres fruitiers en espalier ?* Note de M. **AUGUSTE CHEVALIER**.

La Note que nous avons publiée récemment (1) sur l'origine de la culture en espalier des Pommiers et des Poiriers à bons fruits, nous a valu des renseignements complémentaires qui nous fixent sur la vie du curé d'Hénouville (et non Hénonville), près Rouen, qui publia, en 1652, un Ouvrage remarquable : *Sur la manière de cultiver les arbres fruitiers*. Une Note publiée par la revue *Paris-Normandie* du 3 juin 1952 (par Yvon Hecht)

(1) *Comptes rendus*, 234, 1952, p. 2126.

et des renseignements que nous a fournis M. G. Thuillier qui habite dans le monastère même d'Hénouville que fonda l'abbé Le Gendre, nous permettent d'apporter de nouvelles indications sur l'œuvre de ce pomiculteur méconnu. Son tombeau existe encore dans l'église d'Hénouville et l'inscription le qualifie « d'Aumônier ordinaire du Roy (Louis XIII), contrôleur des Jardins fruitiers de Sa Majesté et curé d'Hénouville, natif de la paroisse de Notre-Dame de Vaudreuil, diocèse d'Évreux, qui décéda âgé de 75 ans (12 avril 1665). » Avant de mourir, l'abbé avait cédé sa cure d'Hénouville (en 1661) à son neveu Adrien Le Gendre moyennant pension viagère. L'abbé Le Gendre serait venu résider à Hénouville en 1622, âgé de 32 ans. Le roi lui donna 12 arpents de bois au bord de la forêt de Roumare, où l'actif abbé établit un vignoble aujourd'hui disparu. Il construisit une église dans laquelle il est enterré, un presbytère et un colombier qui subsistent encore. C'est sur les murs de ces bâtiments et dans le jardin qu'il établit ses espaliers et contre-espaliers pour y cultiver ses arbres fruitiers. D'après M. G. Thuillier, le poème sur les beaux fruits de l'abbé Le Gendre ne serait pas dû à Pierre Corneille, le célèbre écrivain de Rouen, mais à Antoine Corneille, troisième frère de l'auteur du *Cid*. Antoine Corneille, d'après Y. Hecht, était curé de Fréville et il se rendait fréquemment à Hénouville chez son ami Le Gendre qui lui fit apprécier ses fruits. La poésie en question fut publiée en 1642 dans une brochure de 12 pages. Un seul exemplaire existe à la Bibliothèque municipale de Rouen. Plus tard, au XVIIIe siècle, ce poème fut inséré dans les œuvres de Pierre Corneille.

M. G. Thuillier nous apprend aussi que l'abbé Le Gendre, avant de venir à Hénouville, eut quelques procès et Louis XIII dut intervenir pour le protéger et le fixer sur les bords de la forêt royale de Roumare.

Mais un mystère reste toujours à élucider. Dans quel lieu le curé Le Gendre avait-il appris la manière nouvelle de cultiver les arbres fruitiers ? Est-ce dans quelque abbaye où cette technique aurait été introduite de l'étranger ? D'après les renseignements que nous donne un pomologue très documenté sur les arbres fruitiers, M. V. Evreinoff, la culture du Poirier nain, greffé sur Cognassier, aurait pris naissance en Italie (en Toscane ?) au XIVe ou XVe siècle. Cette culture en espalier s'est modifiée au XVe siècle dans le Piémont pour le Poirier et dans le Tyrol, pour le Pommier. Elle fut ensuite abandonnée. On sait que la culture en espalier réussit mal dans le Midi. C'est en Normandie et dans la Région parisienne qu'elle prit, dès le XVIIe siècle, une certaine extension.

M. V. Evreinoff nous apprend aussi, qu'aujourd'hui encore, la forme de Poirier en espalier (palmette horizontale à branches multiples, se nomme *Palmette Le Gendre*). Elle s'est légèrement modifiée, néanmoins, le principe est resté et c'est de la Palmette Le Gendre que sont sorties toutes les autres

formes si nombreuses d'espalier candélabre, palmette oblique, éventail Verrier à 4 ou 5 branches, etc. Il serait intéressant de savoir si vraiment le curé Le Gendre découvrit lui-même la palmette en espalier et si c'est à lui qu'est dû aussi l'écussonnage des variétés à bonnes pommes sur des Pommiers nains originaires d'Orient cultivés comme porte-greffe : *Malus pumila* L. nommé *Doucin* et *M. paradisiaca* Hort (nommé *Paradis*) encore subspontanés dans la forêt de Roumare. Les Pommiers de jardins étaient greffés jusqu'alors sur des Pommiers à cidre. La greffe sur *Paradis* permet d'obtenir des arbres nains en cordons ou en espaliers, donnant des fruits plus beaux et plus savoureux, mais en nombre plus restreint. Le curé Le Gendre est-il vraiment l'inventeur en Normandie de l'emploi du *Doucin* et du *Paradis* pour obtenir des Pommes de qualité ?

TOXICOLOGIE. — *Le syndrome humoral de l'intoxication par l'amanite phalloïde.* Note (*) de M. **Léon Binet** et Mlle **Michèle Leblanc**.

Déjà l'un de nous, avec J. Marek, a souligné l'existence d'une chute dans le taux du glucose sanguin au cours de l'intoxication phalloïdienne (1); l'importance du problème, qui conduit à la pratique de la thérapeutique sucrée pour lutter contre l'empoisonnement par champignons, nous a amenés à reprendre expérimentalement cette étude.

Nos expériences ont été poursuivies sur le Lapin qui a été soumis à des injections sous-cutanées d'alcoolature d'amanite phalloïde (*Amanita phalloïdes*), préparée en faisant macérer pendant un mois des chapeaux et des pieds de champignons, dans un poids égal d'alcool à 95°, et en filtrant.

Les travaux qui sont rapportés dans cette Note ont porté sur 39 lapins : 2 témoins nouveaux qui viennent s'ajouter à des explorations antérieures, 29 lapins soumis à des dosages nombreux effectués sur le sang avant et après l'intoxication et 8 lapins spécialement réservés pour l'étude de la glycémie, avant et après l'intoxication phalloïdienne. Nous avons classé nos observations en deux groupes correspondant, l'un aux cas de survie, l'autre fait d'animaux (non traités) évoluant vers la mort. De nombreux dosages ont été effectués sur chaque animal en vue de déterminer la glycémie, l'indice chromique résiduel, le glycogène hépatique et musculaire, l'urée, le glutathion dans le sang et les tissus, le cholestérol sanguin, le chlore et la réserve alcaline.

A. Chez les animaux qui ont survécu (au nombre de sept et qui ont d'ailleurs été sacrifiés en vue d'explorations, à différents intervalles variant

(*) Séance du 16 juillet 1952.

(1) *Comptes rendus*, **202**, 1936, p. 1219 et **219**, 1944, p. 376.

de 10 jours à 48 jours après l'injection), nous n'avons pas noté de chute de glucose sanguin; nous avons même relevé, dans quatre cas, une hyperglycémie passagère (2,68, 1,85, 1,54, 1,52 g °/₀₀).

L'indice chromique résiduel a subi une augmentation qui, comme la glycémie, a été inconstante, tardive et de courte durée.

Le glycogène hépatique a diminué chez 2 lapins sur 5 qui avaient été sacrifiés 10 jours après l'injection, et le glycogène musculaire a baissé chez 4 animaux sur 5.

Nous avons noté, dans quelques cas, une faible augmentation de l'urée sanguine (0,77, 0,70, 0,66 g °/₀₀).

Le chlore sanguin a subi, dans l'ensemble, peu de modifications.

Le glutathion des tissus a révélé une tendance à l'augmentation du glutathion oxydé.

Par contre, tous les survivants ont présenté une hypercholestérolémie (2,37, 1,60, 1,54, 1,32, 1,19, 0,80, 0,77 g/l de sang); nous croyons devoir insister sur ce fait, car il s'est manifesté avant l'hypercholestérolémie de saignée déjà décrite et que nous avons nous-mêmes vérifiée sur les deux lapins témoins. Nous rappelons que chez un lapin normal, le taux du cholestérol sanguin est en moyenne de 0,40 g °/₀₀, le minimum est de 0,20, le maximum de 0,60.

La réserve alcaline est restée dans les limites de la normale.

B. Chez les animaux qui ont présenté une mort lente, tout autre est le syndrome vers lequel ils ont évolué, la mort survenant 3 et 4 jours après l'injection. Ce groupe comprend deux lapins. Le taux du glucose sanguin n'a pas semblé considérablement perturbé.

L'indice chromique résiduel dans le sang a légèrement augmenté.

L'urée sanguine, par contre, s'est élevée fortement et nous avons noté, au moment de la mort, les chiffres de 1,40 et 2,58 g °/₀₀.

Contrairement à l'azotémie, le taux du chlore s'est abaissé progressivement : les globules rouges ont montré une chute de chlore plus prononcée que le plasma, le rapport érythroplasmatique a donc diminué.

Le glutathion du sang s'est élevé.

Les deux animaux ont manifesté une hypercholestérolémie (1,81, 1,30 g °/₀₀).

La réserve alcaline a subi une élévation tardive.

Mais, c'est à l'étude des animaux *morts rapidement* que nous devons nous arrêter. Nous avons observé 20 lapins, morts 1 ou 2 jours après l'injection.

L'hypoglycémie a été notée dans tous les cas où des prises de sang ont pu être effectuées au cours de la période prémortelle. Cette chute du taux du glucose sanguin fut tardive, survenant dans les heures qui précèdent la mort; elle fut accentuée et aboutit à des chiffres de 0,28, 0,24, 0,22 g/l de

sang. Cliniquement, on enregistra parallèlement les symptômes habituels de l'hypoglycémie : prostration, abattement, chute de la tête, écartement des pattes antérieures en croix, le tout se compliquant de convulsions évidentes.

Chez les huit lapins examinés, du point de la glycémie, et d'elle seule, le sang a été prélevé plusieurs fois par jour. Dans plusieurs cas, la glycémie, après être tombée à un taux très faible, a subi une légère remontée immédiatement suivie de mort.

De plus, nous avons noté une disparition du glycogène hépatique alors que le taux du glycogène musculaire n'a baissé que de moitié environ.

L'indice chromique résiduel du sang a augmenté dans la moitié des cas.

Le taux de l'urée sanguine a montré une élévation assez prononcée chez quelques-uns des lapins (1,76, 1,18, 1,03, 0,85, 0,81, 0,73, 0,64, 0,61 g $^0/_{00}$).

Les variations du chlore sanguin ont été faibles, inconstantes, irrégulières et n'ont pas toujours été de même sens pour le chlore plasmatique et le chlore globulaire.

Le taux de la glutathionémie a augmenté dans la moitié des cas. Les chiffres du glutathion hépatique et musculaire ont subi une chute très nette; le glutathion dans les tissus rénal et pulmonaire a diminué dans quelques cas seulement.

Enfin, nous avons noté une acidose chez 10 lapins sur 20 (volumes de CO_2 % : 17,6; 15,7; 14,7; 10,9; 9,9), acidose passagère et non responsable de la mort, et une hypercholestérolémie (1,19, 0,96, 0,94, 0,85 g $^0/_{00}$) chez 4 lapins sur 20.

Les résultats obtenus dans le cas de mort rapide indiquent clairement un trouble profond du métabolisme glucidique (hypoglycémie très accentuée, disparition presque totale du glycogène hépatique, augmentation de l'indice chromique résiduel) ainsi qu'un trouble du métabolisme du glutathion (importante diminution du glutathion hépatique et musculaire).

En résumé de cette nouvelle étude, nous pouvons retenir, après l'intoxication phalloïdienne : une hypercholestérolémie précoce et notable chez les animaux survivants, une azotémie progressive et intense avec chute du chlore sanguin chez les animaux qui ont succombé lentement et une hypoglycémie accentuée avec épuisement presque complet des réserves du foie en glycogène et avec diminution du glutathion tissulaire chez les animaux morts rapidement.

L'Ouvrage suivant est présenté par M. **Georges Poivilliers** : Publications techniques de l'Institut géographique national. *Note sur le calcul des grandes géodésiques avec XI tables annexes*, par MM. Jean-Jacques Levallois et Michel Dupuy.

CORRESPONDANCE.

M. le **Secrétaire perpétuel** signale, parmi les pièces imprimées de la Correspondance :

1° Universita di Pisa. *Leonida Tonelli. In memoriam.*

2° Bernard Decaux. *Récents progrès au département « fréquences » du Laboratoire National de Radioélectricité.*

3° *L'Abbé Nollet, biologiste et électrothérapeute au* XVIIe, par M. Jean Torlais. In *Histoire de la Médecine*, n° VII.

4° *Archives de l'Institut des recherches agronomiques de l'Indochine*, n°s 1-3, 5-7. — *Archives des recherches agronomiques au Cambodge, au Laos et au Vietnam*, n°s 8-12.

5° Kyoto University. *Bulletin of the Engineering research Institute.* Vol. I.

Il signale également un Ouvrage polycopié : Nouvelle-Calédonie et Dépendances. Service météorologique. *Les cyclones tropicaux en Nouvelle-Calédonie au cours d'un siècle* (1852-1951), par M. J. Giovannelli.

ANALYSE MATHÉMATIQUE. — *Une propriété générale des classes quasi analytiques et des développements asymptotiques dans des demi-plans.* Note de M. **Ricardo San Juan**, présentée par M. Arnaud Denjoy.

On démontre : Toute classe quasi analytique est contenue dans une autre avec des bornes non décroissantes, et tout développement asymptotique dans un demi-plan d'une fonction holomorphe admet des bornes non décroissantes dans tout demi-plan intérieur.

1. *Toute classe quasi analytique* $\{\mathfrak{M}_n\}$ *est contenue dans une autre* $\{\mathfrak{M}_n^*\}$ *avec des bornes* $\mathfrak{M}_n^*$ *non décroissantes* : $\mathfrak{M}_n^* \leqq \mathfrak{M}_{n+1}^* (n = 0, 1, 2, \ldots)$.

a. Pour $\mathrm{I} \equiv (-\infty, +\infty)$ (¹).

b. Pour $\mathrm{I} \equiv [0, +\infty)$, *on a*

$$|f^{(k)}(x)| \leqq \mathfrak{M}_k^* \leqq 2e^{2k}\mathfrak{M}_k \qquad (k = 0, 1, 2, \ldots, x \in \mathrm{I})$$

où

$$\mathfrak{M}_k^* = \min_{n \geq k} \mathrm{P}(n, k), \qquad \mathrm{P}(n, k) = 2e^{2k}\left(\frac{n}{k}\right)^k \mathfrak{M}_0^{1-\frac{k}{n}} \mathfrak{M}_n^{\frac{k}{n}}.$$

si l'on prend $\mathfrak{M}_n \geqq \mathfrak{M}_0$ $(n = 0, 1, 2, \ldots)$.

(¹) *Voir* Gorny, *Acta Math.*, 71, 1939, p. 329.

En effet, étant donné que $P(k, k) = 2e^{2k}\mathfrak{M}_k$, il en résulte $\mathfrak{M}_k^* \leqq 2e^{2k}\mathfrak{M}_k$. En outre, pour $n \geqq k$, on a

$$\frac{P(n, k+1)}{P(n, k)} = \frac{n}{k} \frac{e^2}{\left(1+\frac{1}{k}\right)^{k+1}} \left(\frac{\mathfrak{M}_n}{\mathfrak{M}_0}\right)^{\frac{1}{n}} \geqq \left(\frac{\mathfrak{M}_n}{\mathfrak{M}_0}\right)^{\frac{1}{n}} > 1;$$

donc $\mathfrak{M}_k^* \leqq \mathfrak{M}_{k+1}^*$ $(k = 0, 1, 2, \ldots)$; et comme

$$|f^{(k)}(x)| \leqq P(n, k) \qquad (k = 0, 1, \ldots, k \leqq n, x \in I) \quad (^2)$$

on a aussi

$$|f^{(k)}(x)| \leqq \mathfrak{M}_k^* \qquad (k = 0, 1, 2, \ldots, x \in I).$$

c. La conclusion subsiste pour un intervalle fini de longueur λ *si l'on a* $\lambda^n(\mathfrak{M}_n/\mathfrak{M}_0) > n!$; *car alors on a aussi* $|f^{(k)}(x)| \leqq P(n, k)$.

d. Enfin, en supposant $\lambda = \mathfrak{M}_0 = 1$, soit $\mathfrak{M}_n \leqq n_\nu!$ avec $n_{\nu-1} \leqq n_\nu \to +\infty$ et $\mathfrak{M}_n > n_\nu$, pour $n \neq n_\nu$. S'il y avait un nombre infini d'intervalles $n_{\nu-1} < n < n_\nu$ dans lesquels une $f^{(n)}(x)$ soit telle que :

$$|f^{(n)}(x)| > 5^{n_\nu} n_\nu!$$

dans tout I, il y aurait nécessairement des points de I tels que (³)

$$|f(x)| > \frac{2.5^{n_\nu} n_\nu!}{n!} \left(\frac{1}{4}\right)^n > 2\left(\frac{5}{4}\right)^n \frac{n_\nu}{(n_\nu - 1)!} > 2\left(\frac{5}{4}\right)^{n_{\nu-1}} n_\nu \to +\infty.$$

Par conséquent, à partir d'un $\nu \geqq \nu_0$, toute $f^{(n)}(x)$ avec $n_{\nu-1} < n < n_\nu$ a un point $x_0 = x_0(n)$ où l'on a $|f^{(n)}(x_0)| \leqq 5^{n_\nu} n_\nu!$ et en partant de $|f^{(n_\nu)}(x)| \leqq n_\nu! < 5^{n_\nu} n_\nu!$, il en résulte par récurrence :

$$|f^{(n)}(x)| < (n_\nu - n + 1)5^{n_\nu} n_\nu! \leqq n_\nu 5^{n_\nu} n_\nu! \leqq 10^{n_\nu} n_\nu! = \mathfrak{M}_n^*$$

pour $n_{\nu-1} < n \leqq n_\nu$ et $x \in I$. Mais cette succession $\mathfrak{M}_n^*$ est évidemment non décroissante et satisfait à la condition de Carleman comme il résulte du lemme démontré dans notre précédente Note (⁴).

2. Les limitations de Gorny qui constituent le lemme n° 2 de H. Cartan dans l'Ouvrage cité, subsistent si l'on remplace les bornes $\mathfrak{M}_p > |f^{(p)}(x)|$ par les $N_p > |f^{(p)}(x) - f^{(p)}(a)|$, a étant un point fixe de l'intervalle.

On prend comme point de départ le polynome de degré p

$$P_1(x) = xf'(0) + \ldots + \frac{x^{p-1}}{(p-1)!} f^{(p-1)}(0) + \frac{x^p}{p!} f^{(p)}(0),$$

avec

$$P_1^{(k)}(0) = f^{(k)}(0) \qquad (1 \leqq k \leqq p).$$

(²) H. Cartan, *Actual. Scient. et Industr.*, 867, 1940, p. 14.

(³) S. Bernstein, *Leçons sur les propriétés extrémales des fonctions analytiques d'une variable réelle.* Collection Borel, 1926, p. 10.

(⁴) *Comptes rendus*, 235, 1952, p. 118.

Comme l'on a

$$P_1(x) = [f(x) - f(0)] - \frac{x^p}{p!}[f^{(p)}(\theta x) - f^{(p)}(0)] \qquad (0 < \theta < 1),$$

il en résulte

$$|P_1'(x)| \leqq N_0 + \frac{N_p}{p!} \qquad \text{d'où} \qquad |f^{(k)}(0)| = |P_1^{(k)}(0)| \leqq p^k\left(N_0 + \frac{N_p}{p!}\right).$$

D'une façon analogue, on prend

$$Q_1(x) = [f(\xi) - f(0)] + (x-\xi)f'(\xi) + \ldots + \frac{(x-\xi)^{p-1}}{(p-1)!}f^{(p-1)}(\xi) + \frac{(x-\xi)^p}{p!}f^{(p)}(0),$$

avec $Q_1^{(k)}(\xi) = f^{(k)}(\xi)$ $(0 < k < p)$ et comme on a

$$Q_1(\xi) = [f(\xi) - f(0)] - \frac{(x-\xi)^p}{p!}\left[f^{(p)}\big(\xi + \theta(x-\xi)\big) - f^{(p)}(0)\right],$$

il en résulte aussi

$$|Q_1(\xi)| < N_0 + \frac{N_p}{p!} \qquad \text{d'où} \qquad |f^{(k)}(\xi)| = |Q_1^{(k)}(\xi)| < \left(\frac{e}{k}\right)^k p^{2k}\left(N_0 + \frac{N_p}{p!}\right).$$

Le reste de l'élégante exposition de H. Cartan subsiste sans modification. On déduit comme auparavant, à partir des limitations obtenues les conclusions pour les N_p dans les cas a, b et c. Le cas d demande une étude plus attentive.

En particulier, on déduit de la conclusion ainsi obtenue pour le cas b, la proposition suivante, en combinant deux théorèmes connus, directs et réciproques sur la transformation de Laplace [5] :

Si une fonction holomorphe $\Phi(z)$ *pour* $\mathcal{R}z > 0$ *admet dans ce demi-plan un développement asymptotique* $\sum_{n=0}^{\infty} a_n/z^{n+1}$ *(à la Poincaré) avec des bornes* m_n, *c'est-à-dire*

$$\Phi(z) = \sum_{\nu=0}^{n-2}\frac{a_\nu}{z^{\nu+1}} + z^n\Phi_n(z), \qquad |\Phi_n(z)| < m_n \quad \text{pour} \quad \mathcal{R}z > 0,$$

elle admet le même développement dans tout demi-plan $\mathcal{R}z \geqq a > 0$ *avec des bornes* $m_n^* < c^n m_{n+2}$ *non décroissantes :* $m_n^* \leqq m_{n+1}^*$ $(n = 0, 1, 2, \ldots)$, *c étant une constante qui dépend seulement de a.*

MÉCANIQUE. — *Lubrification des surfaces d'acier traitées par un bain sulfureux.* Note de M. **Frédéric Morel**, transmise par M. Henri Beghin.

En étudiant l'influence du traitement de sulfuration décrit par E. Partiot [1] sur le frottement de pièces d'acier, j'ai montré que ce traitement

---

([5]) T. Carleman, *Les fonctions quasi analytiques*, p. 60-61 ou bien R. San Juan, *Revista Mat. Hispano-america*, 4e série, 11, 1951, p. 65-110.

([1]) *Journal de la société des Ingénieurs de l'Automobile*, 5, 1952, p. 122-130.

agit en adoucissant les variations du frottement et en diminuant l'usure.

La mesure du coefficient de frottement est faite avec la machine que j'ai réalisée antérieurement ([2]). Elle comporte une couronne tournante sur laquelle reposent deux patins avec une charge réglable, la force normale pouvant atteindre 100 kg. Le couple de frottement est équilibré par une barre de torsion. Un amortisseur réglable est prévu pour éviter les oscillations de relaxation qu'engendre généralement le frottement à faible vitesse. La machine enregistre la courbe donnant le couple de frottement aux différents points de la couronne. Voici les principaux résultats obtenus :

1° Avec des surfaces non traitées (frotteurs en acier doux sur couronne de fonte), la courbe obtenue (I, *fig.* 1) présente de grandes ondulations traduisant les irrégularités de la surface et se reproduisant identiquement à chaque tour.

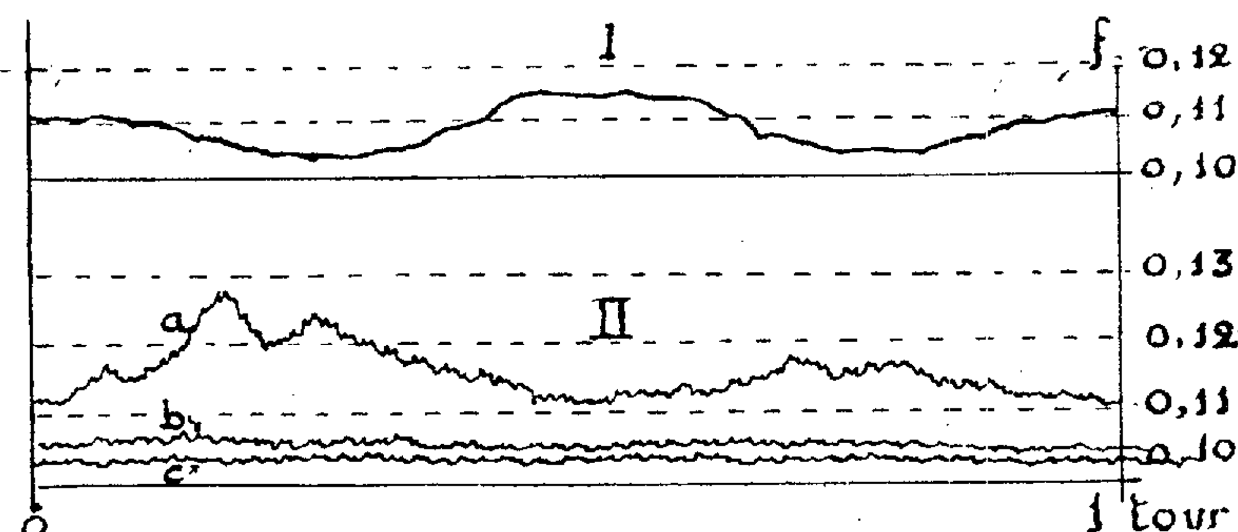


Fig. 1. — Enregistrement du frottement sur un tour de couronne.

I. — Surfaces non traitées.

II. — Surfaces sulfurées : *a*, 1er tour; *b*, 5e tour; *c*, 15e tour.

Avec les surfaces sulfurées, la courbe (II, *fig.* 1) montre qu'au premier tour (courbe supérieure) il existe des irrégularités de même ordre qu'avant traitement, mais une adaptation des surfaces se fait rapidement et, au troisième tour, le frottement est presque uniforme.

2° Les enregistrements (I et II, *fig.* 1) ont été pris avec l'huile de colza comme lubrifiant et une vitesse de 1 mm/s. Avec les surfaces traitées, le dispositif amortisseur avait été totalement supprimé, ce qui n'entraînait cependant qu'un léger tremblement dans le tracé de la courbe. Au contraire, avec les surfaces non traitées, un amortissement important était indispensable pour éviter un broutement rendant toute mesure impossible.

3° La mesure du frottement en fonction de la vitesse conduit aux courbes de la figure 2. On y voit une constance particulièrement remarquable du

([2]) A. Ferry, *La Recherche Scientifique et les Économies de Matières*, Paris, 1946, p. 134.

coefficient de frottement sur surfaces traitées par rapport aux non traitées. Cette constance marque la quasi-impossibilité des effets de relaxation conduisant aux phénomènes de broutement.

La constance du frottement avec la vitesse se rencontre également sur surfaces non traitées si l'on emploie des huiles de coupe qui contiennent des produits sulfurés, ou une huile additionnée de tricrésyl-phosphate.

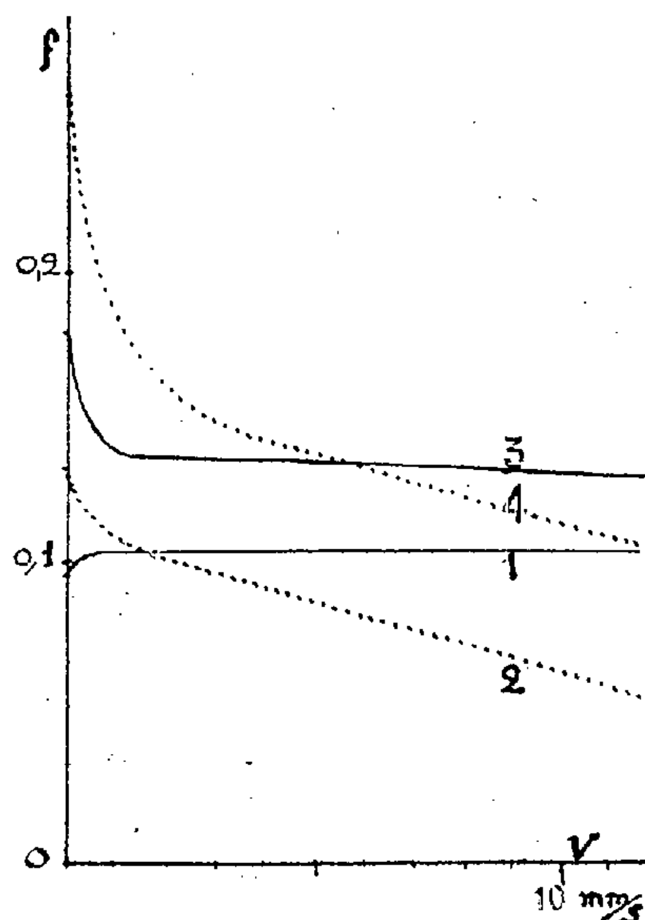


Fig. 2. — Coefficient de frottement en fonction de la vitesse.

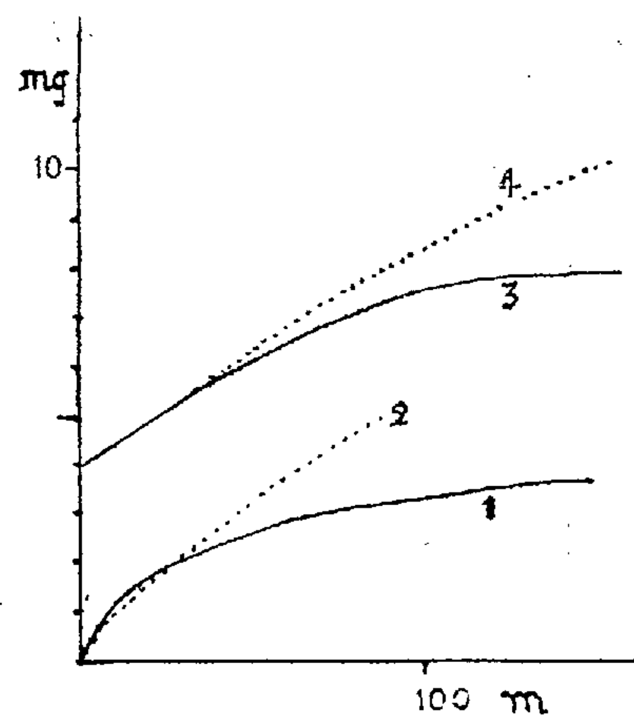


Fig. 3. — Usure des patins en fonction du chemin parcouru.

1. — Surfaces traitées avec huile de colza. Patins de 40 mm² chargés à 70 kg; 2. — Surfaces non traitées avec huile de colza. Patins de 40 mm² chargés à 35 kg; 3. — Surfaces traitées avec huile minérale. Patins de 40 mm² chargés à 70 kg; 4. — Surfaces non traitées avec huile minérale. Patins de 40 mm. chargés à 35 kg.

4° Dans la figure 2 représentant les coefficients de frottement en fonction de la vitesse, la courbe relative aux surfaces traitées avec l'huile de colza indique une augmentation aux très faibles vitesses, phénomène qui assure un départ extrêmement doux. Cette même allure de courbe s'observe avec des surfaces non traitées, mais seulement sous des charges spécifiques faibles (inférieures à 50 kg/cm² au lieu de 100 ou 200 ici). Il est vraisemblable que la facilité avec laquelle les surfaces traitées se rodent entraîne la diminution de la pression moyenne.

5° La mesure de l'usure des patins, en fonction du chemin parcouru, a conduit aux courbes de la figure 3. La conclusion semble la même qu'on lubrifie à l'huile de colza ou à l'huile minérale : l'usure est initialement peu différente pour chacun des types de surface, mais, avec les surfaces traitées, elle diminue au fur et à mesure du rodage et finit par devenir presque nulle.

PHYSIQUE MOLÉCULAIRE. — *Différenciation, au moyen des spectres d'absorption infrarouges, des carbonates de calcium.* Note (*) de M[lles] **Jeannine Louisfert** et **Thérèse Pobeguin**, présentée par M. Jean Cabannes.

Les spectres d'absorption infrarouges, entre 8 et 15 μ, de cinq carbonates de calcium, anhydres ou hydratés, à l'état de poudre, présentent des différences suffisantes pour pouvoir être utilisés dans des buts analytiques, dans le cas soit de mélanges de produits naturels ou synthétiques, soit de calcaires organiques.

Nous avons poursuivi, spécialement entre 8 et 15 μ, l'étude des spectres d'absorption infrarouges de carbonates métalliques à l'état de poudre (¹) en examinant : les carbonates de calcium anhydres (calcite, aragonite, vatérite), le carbonate colloïdal dit amorphe et le carbonate cristallisant avec six molécules d'eau. Excepté la calcite et l'aragonite, aucune de ces substances n'avait été étudiée dans l'infrarouge.

Tous ces composés ont été préparés à l'état de poudre, par voie chimique (double décomposition), avec un soin particulier : en effet, dans la plupart des cas de précipitation rapide ou de diffusion lente, les trois variétés cristallines de carbonate anhydre apparaissent en même temps. La calcite est presque toujours présente (ne fût-ce qu'à 1 ou 2 %). Le carbonate amorphe, extrêmement instable au moment de sa précipitation, doit être préparé, lavé, séché en quelques minutes à une température inférieure à 0° C, si l'on veut qu'il soit exempt de calcite; une fois bien sec, il se conserve sans précautions spéciales dans un dessiccateur. L'hexahydrate, préparé aux environs de 0° C, est à étudier très rapidement, car il se montre toujours instable. Afin d'éviter la formation possible de carbonates doubles de Ca — Na et de Ca — K, anhydres ou hydratés, nous sommes surtout parties de carbonate d'ammonium et d'acétate de calcium. Nous avons aussi examiné des poudres de calcite et d'aragonite, obtenues à partir de cristaux naturels purs, et des produits calcaires fabriqués par des organismes animaux et végétaux. Toutes les substances utilisées ont été examinées au microscope polarisant (avec un tri éventuel des cristaux), photographiées, et vérifiées aux rayons X (radiogrammes de Debye-Scherrer).

Laissant de côté les nombreuses bandes d'absorption faibles, qui n'apparaissent d'ailleurs que dans les cas de couches très minces, nous ne retiendrons ici que les principales zones d'absorption, vers 1070-1084, 842-874, 698-745 cm^{-1}, qui correspondent à des oscillations internes, bien connues, de l'ion CO_3^{--}, et qui seules peuvent servir dans des buts analytiques. Elles apparaissent, avec notre technique, dès que l'on dispose d'environ 1 mg de substance. L'interprétation des résultats a déjà été faite pour la calcite (rhomboédrique) et l'aragonite (orthorhombique) (¹); la vatérite (hexagonale) et l'hexahydrate (monoclinique) feront l'objet d'un travail ultérieur.

(*) Séance du 21 juillet 1952.

(¹) *Comptes rendus*, **235**, 1951, p. 381.

1. Substances pures. — A condition d'être parfaitement pures, les préparations chimiques de calcite et d'aragonite donnent exactement les mêmes spectres que les poudres de cristaux naturels.

Région 1070-1084 cm^{-1}. — La bande de 1084 cm^{-1} de la calcite est extrêmement faible, ce qui engage à l'attribuer à une combinaison de fréquences. La vibration fondamentale, qui se place dans cette région, est d'ailleurs interdite en absorption pour la calcite : elle devient permise avec les symétries des autres cristaux, pour lesquels le couplage des vibrations conduit à prévoir une décomposition, que l'on soupçonne dans nos spectres, et correspond à une absorption d'intensité moyenne : 1070 cm^{-1} vatérite, 1073 cm^{-1} carbonate amorphe, 1080 cm^{-1} aragonite, 1070 et 1084 cm^{-1} hexahydrate.

Région 842-874 cm^{-1}. — Sur tous nos spectres, il apparaît deux bandes : celle de plus grande fréquence se déplace depuis 857 cm^{-1} pour l'aragonite (B_{1u}), jusqu'à 874 cm^{-1} pour la calcite (A_{2u}), l'hexahydrate et la vatérite; elle présente une intensité beaucoup plus forte que l'autre, qui varie de 842 cm^{-1} pour l'aragonite (B_{2u}), à 859 cm^{-1} pour la vatérite, et se marque à 847 cm^{-1} pour les trois autres carbonates.

Région 698-745 cm^{-1}. — Selon les prévisions théoriques, la calcite présente un maximum fort à 713 cm^{-1} (E_u), l'aragonite, deux maxima intenses à 698 et 713 cm^{-1} (B_{3u}, B_{2u}) accompagnés d'une bande très faible à 745 cm^{-1} (B_{1u}). Pour l'hexahydrate et la vatérite, le maximum de 713 cm^{-1} disparaît et celui de 745 cm^{-1} se révèle assez fort. Le calcaire amorphe, plus absorbant pour les grandes longueurs d'onde, ne montre plus de bande distincte à partir de 790 cm^{-1}.

2. Mélange de substances. — (Faible pourcentage de l'une dans l'autre).

Calcite dans vatérite. — Le spectre de la vatérite tend à se rapprocher de celui de la calcite : ainsi le maximum de 1070 cm^{-1} reste fort et se déplace vers 1084 cm^{-1}, celui de 859 cm^{-1} émigre vers 847 cm^{-1} et celui de 713 cm^{-1} apparaît; en outre, il se produit une exaltation considérable de la bande 745 cm^{-1}, qui devient très forte.

Vatérite dans calcite. — Le spectre de la calcite n'est modifié que par l'apparition plus nette du maximum de 1080 cm^{-1}, propre à la vatérite, et celle de la bande exaltée de 745 cm^{-1}.

Aragonite dans calcite. — Le spectre de la calcite laisse apparaître les maxima propres à l'aragonite de 1080 et 698 cm^{-1}, avec un léger déplacement de la bande de 874 cm^{-1} vers 857 cm^{-1}.

Calcite dans aragonite. — Au spectre de l'aragonite s'ajoute un renforcement de la bande de 874 cm^{-1}, très forte dans la calcite. (Celle-ci possède également un maximum propre à 584 cm^{-1}.)

L'hexahydrate, complètement déshydraté, soit à l'air libre, soit par chauffage, montre le spectre caractéristique d'un mélange de calcite et de vatérite, fait également révélé par les diagrammes de rayons X.

3. Calcaires organiques. — Lorsque la matière organique est en faible quantité (couches nacrées des coquilles de Mollusques), le spectre est très beau et très net. Il présente les caractéristiques : de la calcite pour la Gryphée, de l'aragonite pour l'Unio, la Littorine et la coquille interne de la Seiche. Dans le cas des Algues calcaires, par suite de la présence des tissus de l'Algue que l'on élimine difficilement, les spectres sont moins beaux, mais interprétables. *Lithophyllum incrustans* et *Amphiroa rigida* donnent les spectres de calcite, avec disparition du maximum de 713 cm^{-1}. *Galaxaura fragilis* fournit un spectre d'aragonite.

En résumé, les spectres d'absorption infrarouges permettent, sur de petites quantités de matière, non seulement d'étudier la structure et de déterminer la pureté de carbonates de calcium naturels ou artificiels, mais encore de les identifier dans les produits calcaires sécrétés par les organismes. La méthode semble plus sensible que celle des diagrammes de rayons X et capable d'applications quantitatives ultérieures.

PHYSIQUE NUCLÉAIRE. — *Mesure du rapport d'embranchement capture K/émission β^+ de* ^{79}Kr. Note (*) de M. **Pierre Radvanyi**, présentée par M. Frédéric Joliot.

La capture K de ^{79}Kr a été étudiée en introduisant ce gaz dans une chambre de Wilson. Le rapport d'embranchement capture K/β^+ a été mesuré en dénombrant les trajectoires d'électrons Auger K et de positons ayant leur origine dans un volume défini à l'intérieur de la zone éclairée. On a trouvé $K/\beta^+ = 14,1 \pm 4,0$. La comparaison de ce résultat avec la théorie donne des indications sur le schéma de désintégration.

Møller (1), en 1937, montra que la mesure du rapport d'embranchement capture K/émission β^+, peut permettre une vérification intéressante de la théorie de Fermi sur la désintégration β. Depuis, les différentes méthodes expérimentales employées ont donné, en général, pour les transitions permises, un bon accord entre expériences et théorie (2).

Dans le cas de radioisotopes gazeux, il nous a paru intéressant d'utiliser la chambre de Wilson à pression variable (3) : la capture K se manifeste alors surtout par des électrons Auger K et par des photoélectrons dus aux photons X plus ou moins absorbés ; les électrons positifs ont de même leur origine dans le gaz de la chambre. Nous avons choisi pour cette étude, le krypton 79 de 34,5 h de période (4). L'étude spectrométrique de cet isotope

(*) Séance du 21 juillet 1952.

(1) C. Møller, *Physik. Z. Sowjet Union*, 11, 1937, p. 9.

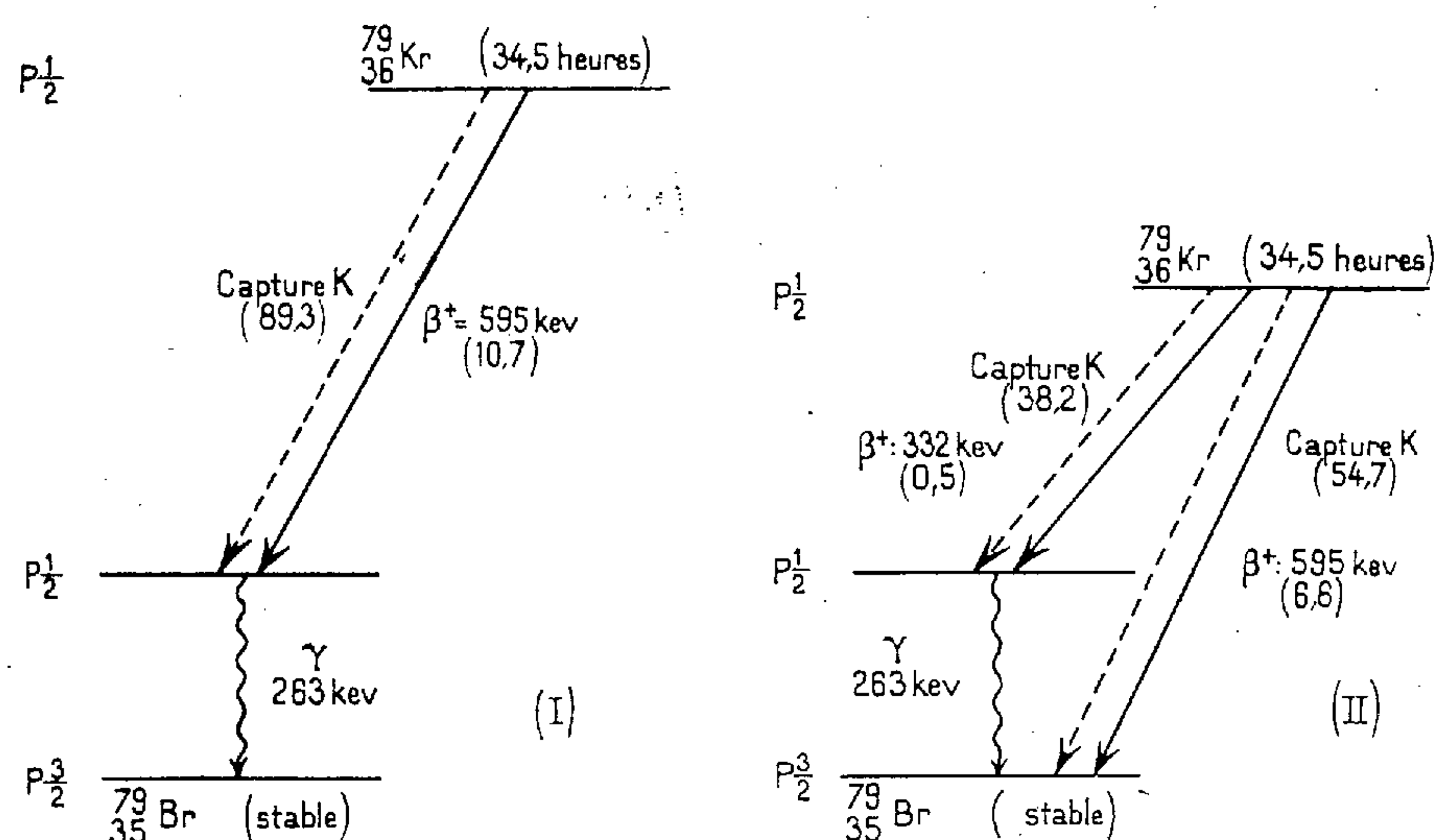
(2) *Voir* par exemple : C. S. Cook, *Amer. J. Phys.*, 19, 1951, p. 37.

(3) F. Joliot, *J. Phys. et Rad.*, 5, 1934, p. 216.

(4) P. Radvanyi, *Comptes rendus*, 234, 1952, p. 1275.

a été faite par I. Bergström ([5]) : le spectre β^+ a une énergie maximum de 595 keV et a la forme permise; il y a deux raies de conversion interne correspondant à des rayons γ de 263 keV et de 44 keV; l'intensité des raies de conversion étant à peu près la même, le rayonnement γ de 44 keV doit être beaucoup moins intense que l'autre. Bergström mesura le rapport capture K/émission β^+ et trouva 8 ± 4; Woodward et al. ([6]) indiquaient une valeur d'environ 50.

Le krypton actif entraîné par de l'air est introduit dans la chambre de Wilson. On utilise un champ magnétique de 450 Gs pour identifier les positons. A la pression finale de 38 cm Hg, les trajectoires des électrons Auger K (entre 10 et 13 keV) ont une longueur de l'ordre de 5 mm; on compte



I : Schéma proposé par I. Bergström. — II : Schéma qui serait davantage en accord avec notre mesure du rapport K/β^+. (Les chiffres entre parenthèses sont les pourcentages calculés d'après la théorie. On n'a pas porté sur les schémas l'embranchement correspondant au γ peu intense de 44 keV qui ne modifierait pas les conclusions.)

les trajectoires des électrons Auger K et des β^+ ayant leur origine dans une région cylindrique, de 10,2 mm de haut et 110 mm de diamètre, à l'intérieur de la zone éclairée de 20 mm de hauteur : cette région est définie horizontalement par une circonférence tracée sur une lame de plexiglass, centrée sur l'une des deux photos prises stéréoscopiquement; verticalement, on mesure la cote de toutes les extrémités de trajectoires au stéréocomparateur de Pulfrich ([7]).

([5]) I. Bergström, *Phys. Rev.*, **82**, 1951, p. 112 et *Arkiv. för Fysik*, **5**, n° 14, 1952, p. 191.

([6]) L. L. Woodward, D. A. Mc Cown et M. L. Pool, *Phys. Rev.*, **74**, 1948, p. 761.

([7]) D. Skobelzyne, *Z. f. Physik*, **65**, 1930, p. 773.

Comme la mesure des trajectoires de positons très inclinées est très difficile, on ne retient que celles ayant une projection horizontale de plus de 25 mm, émises par conséquent dans un angle solide $\Omega/4\pi = (0,36 \pm 0,02)$. L'absorption des photons K est très faible dans l'air de la chambre et n'introduit qu'une correction de 2 %.

On a examiné 1249 trajectoires d'électrons Auger K et 347 trajectoires d'électrons (positons, et négatons dus surtout à l'absorption des γ par effet Compton et phoélectrique dans les parois de la chambre). Sur ce nombre il y a 360 électrons Auger K et 21 β^+ de projection horizontale supérieure à 25 mm, ayant leur origine dans la région définie ci-dessus.

Si l'on prend pour le rendement de fluorescence de l'atome résultant de ${}^{79}_{35}\mathrm{Br}$ la valeur 0,57 ([8]), on obtient pour le rapport d'embranchement

$$\frac{\text{capture K}}{\text{émission } \beta^+} = \frac{(360 - 7,2)}{21} \frac{0,36}{(1 - 0,57)} = 14,1 \pm 4,0.$$

Si l'on calcule, théoriquement, le rapport d'embranchement dans le cas où, comme le suggère Bergström, presque toutes les transitions conduisent au même niveau de 263 keV de Br, on obtient la valeur 8,35 ([9]). Pour que notre résultat expérimental soit en accord avec la théorie, il faudrait admettre qu'une partie des transitions conduise à un niveau plus élevé que celui auquel aboutit le spectre β^+ de 595 keV. Il serait possible que ce dernier spectre aille directement au niveau fondamental et que le niveau plus élevé corresponde au rayonnement γ de 263 keV. Cela pourrait expliquer aussi la déviation de la droite de Fermi du spectre β^+ aux basses énergies, indiquée par Bergström. Le calcul, d'après la théorie, donne dans ce cas la valeur : capture K total/β^+ (total) = 13,1 environ qui serait en accord avec notre résultat expérimental.

D'autre part, si ce dernier schéma était correct, le seuil ([10]) de la réaction ${}^{79}\mathrm{Br}(d, 2n)\,{}^{79}\mathrm{Kr}$ serait de 4,749 MeV et celui de la réaction ${}^{79}\mathrm{Br}(p, n)\,{}^{79}\mathrm{Kr}$ serait de 2,434 MeV.

([8]) E. H. S. BURHOP, *The Auger Effect*, Cambridge University Press, 1952, p. 48.

([9]) Pour le calcul du spectre β^+ théorique on a utilisé les tables de la fonction de Fermi F(Z, W) établies par B. S. DJELEPOV et L. N. ZIRIANOVA, *J. Exp. Teor. Fiz. S. S. S. R.*, 21 n° 8, 1951, p. 923.

([10]) Pour le calcul des seuils on a utilisé les valeurs des masses de n, ${}^1\mathrm{H}$ et ${}^2\mathrm{H}$ données par A. O. NIER, *Phys. Rev.*, 81, 1951, p. 624 et T. R. ROBERTS, *Phys. Rev.*, 81, 1951 p. 624.

RÉSONANCE NUCLÉAIRE. — *Dispositif de détection de la résonance quadripolaire électrique.* Note (*) de M. **Maurice Buyle-Bodin**, présentée par M. Jean Cabannes.

1. La méthode classique de l'oscillateur à superréaction [1], [2] ne permet pas une détermination aisée des fréquences de résonance et des largeurs de raie. Nous avons donc cherché à utiliser les méthodes classiques en résonance nucléaire magnétique [3], [4], [5], étudiées au laboratoire par Soutif [6] et Gabillard. Mais elles nécessitent la modulation en fréquence simultanée du générateur et du circuit oscillant L. C. de détection. En nous inspirant d'un spectrographe de Pound [7], nous avons réalisé un montage dans lequel le circuit L. C. détermine la fréquence du générateur, mais il a fallu accroître considérablement la sensibilité du montage pour détecter la résonance quadripolaire. Le balayage est produit par un modulateur de fréquence formé d'un condensateur vibrant.

2. L'échantillon est dans la self du circuit L. C. qui commande un amplificateur de régénération (6 J 6) présentant l'impédance maximum vue du circuit L. C. (de l'ordre de son impédance à la résonance). Il suffit alors d'étudier le niveau H. F. aux bornes du circuit L. C. à l'aide d'un amplificateur H. F. à large bande suivi d'un détecteur à diode.

L'étude mathématique de ce montage fait ressortir deux possibilités d'emploi très différentes en sensibilité et en fidélité.

a. Le circuit de régénération étant réglé au plus près de l'accrochage, en ajustant au minima de gain pour l'entretien des oscillations on observe que :

— le niveau E des oscillations dépend du circuit L. C. et du système de régénération;

— le système se comporte comme un autodyne [3], [4] et l'on obtient ainsi le maximum de sensibilité;

— le signal représente un mélange d'absorption et de dispersion [soit $\sqrt{u^2+v^2}$ dans la notation de Bloch [8]].

(*) Séance du 16 juillet 1952.

[1] R. Livingstone, *Phys. Rev.*, **82**, n° 2, 1951, p. 289.

[2] M. Buyle-Bodin et D. Dautreppe, *Comptes rendus*, **233**, 1951, p. 1101.

[3] A. Roberts, *Rev. Sc. Instr.*, **18**, 1947, p. 845.

[4] R. Gabillard et M. Soutif, *Comptes rendus*, **230**, 1950, p. 1754.

[5] R. Gabillard, *Comptes rendus*, **232**, 1951, p. 324.

[6] M. Soutif, *Thèse* (*Revue scientifique*, 1950).

[7] R. V. Pound et D. W. Knight, *Rev. Sc. Instr.*, **21**, n° 3, 1950, p. 219.

[8] *Phys. Rev.*, **70**, 1946, p. 460.

b. Le circuit de régénération étant saturé on observe alors que :

— le niveau E ne dépend plus que du circuit L. C.;

— le système répond au fonctionnement décrit par Gabillard [5];

— on n'obtient que l'absorption et loin de la saturation du phénomène celle-ci croît avec le niveau H. F.

3. Ce dernier régime est le plus facile à interpréter, donc le meilleur pour l'étude des largeurs de raies, mais il manque de sensibilité et pour rechercher des raies nouvelles il est bon d'améliorer le rapport signal/bruit, en allongeant la constante de temps de l'indicateur de sortie. Pour cela nous faisons suivre la détection d'un amplificateur sélectif (300 Hz) et d'une détection synchrone qui attaque un enregistreur à travers une cellule R. C. à grande constante de temps (environ 10 s). Par ce procédé qui nécessite un balayage étroit en fréquence, nous gagnons un accroissement de 100 dans le rapport signal/bruit et nous observons la dérivée de la courbe d'absorption. La figure 1 représente l'ensemble du montage.

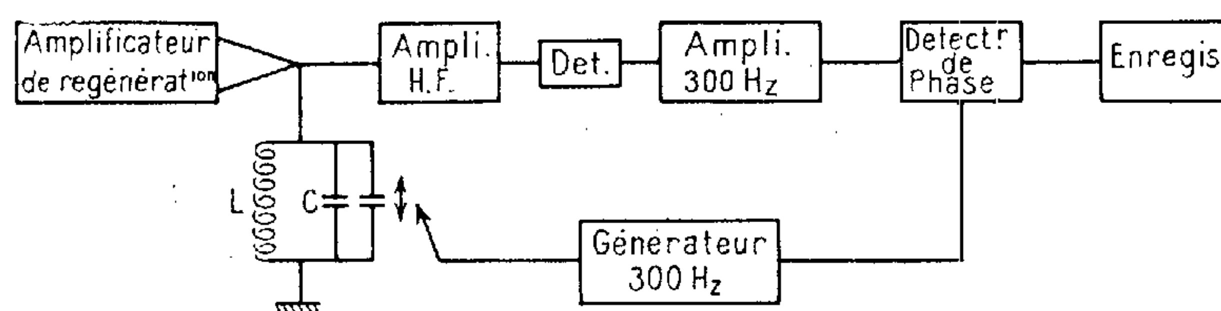


Fig. 1.

La détermination des largeurs de raies se fait par étalonnage du papier enregistreur en fréquence grâce à l'inscription des battements de notre oscillateur avec un hétérodyne commercial.

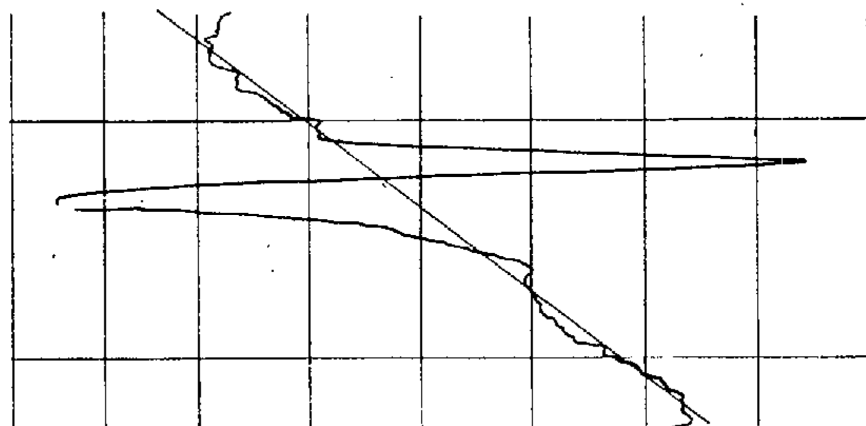


Fig. 2.

4. La figure 2 représente la courbe dérivée par rapport à la fréquence de la raie d'absorption de Cl_{35} dans le $p^{-}C_6H_4Cl_2$. La comparaison du signal à la dérive continue de l'enregistrement, due en grande partie à la variation du Q du circuit L. C. avec la fréquence, donne une idée de la faiblesse du signal à observer.

Nous avons pu y mesurer avec une grande précision, une largeur de 2,8 kHz qui confirme le calcul de Y. Ayant (⁹).

RAYONS COSMIQUES. — *Sur la répartition de l'intensité des traces isolées produites par le rayonnement cosmique dans des émulsions nucléaires tournantes, axées sur l'étoile polaire et conservant une orientation fixe par rapport au Soleil.* Note (*) de M. **Max Morand** et Mme **Simone Desprez-Rebaud**, présentée par M. Eugène Darmois.

Les résultats, portant sur 4083 traces isolées, attribuables en majeure partie à des protons d'énergie < 120 MeV, montrent un minimum d'intensité dans la direction du Soleil.

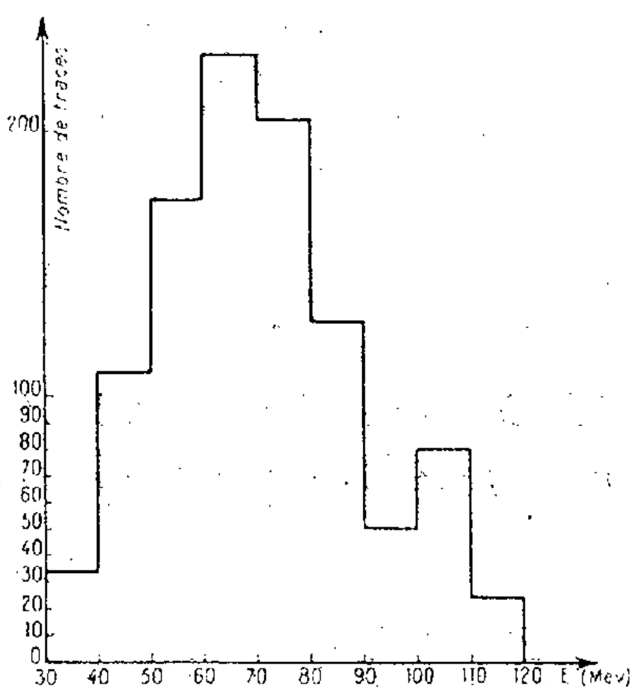
Nous nous sommes proposé d'étudier la répartition spatiale des traces isolées, dans des émulsions nucléaires conservant une orientation fixe par rapport au Soleil. Après plusieurs essais, et afin d'éliminer toute dissymétrie d'origine locale, nous avons utilisé un appareil tournant, dans lequel quatre plaques Ilford G_5 (450 μ d'épaisseurs vierge, $1'' \times 3''$) sont disposées à l'intérieur d'un cylindre en aluminium mince (0,5 mm d'épaisseur) et y constituent les faces latérales d'un parallélépipède rectangle à base carrée, le grand axe des plaques étant parallèle à l'axe du cylindre et les émulsions étant tournées vers l'extérieur. L'axe de rotation (axe de système) pointe vers l'étoile polaire. Ce cylindre est entraîné par un mouvement d'horlogerie qui lui fait faire exactement un tour en 24 h. Les plaques examinées ont été exposées à l'Observatoire du Puy de Dôme du 16 juin 1951 au 16 septembre 1951.

Dans chacune des quatre plaques, nous avons dépouillé un parallélépipède d'émulsion de $50 \times 1 \times 0,45$ mm³ situé au milieu de la plaque et ayant le même axe qu'elle. Nous avons noté toutes les traces isolées de granulation supérieure à 49 grains sur 150 μ. Les quatre plaques ayant été développées en même temps, nous avons pu tracer une courbe d'étalonnage densité de grains-énergie, à l'aide de 2 mésons se terminant dans l'émulsion, appartenant à deux plaques différentes et ayant, l'un, 3900, l'autre 5275 μ. Cela nous a permis de calculer, sans extrapolation, que la densité de 49 grains sur 150 μ correspond, pour un proton, à une énergie de 120 MeV. La figure 1 donne la distribution du nombre de traces, dans les différents domaines d'énergie, pour les 1030 traces pointées dans la première bande de dépouillement de chacune des quatre plaques. Nous avons supposé que toutes les traces sont pratiquement dues à des protons, ce qui semble justifié par le faible rapport du nombre de mésons au nombre de protons calculé au moyen des traces se terminant dans le volume

(⁹) *Comptes rendus*, **233**, 1951, p. 947.

(*) Séance du 16 juillet 1952.

dépouillé : sur 198 traces finissantes, nous avons trouvé seulement 3 mésons. Dans le domaine des énergies considérées les données numériques classiques ([1]) permettent, d'ailleurs, d'évaluer ce rapport à quelques pour cent. Les fluctuations de la courbe entre 90 et 120 MeV correspondent au fait qu'une densité de 50 grains sur 150 μ est produite par un proton de 107 MeV; il suffit donc d'une fluctuation de 2 grains pour faire passer une trace d'une cellule dans une autre. Il convient également d'ajouter que 131 traces « noires » ont une énergie inférieure à 30 MeV.



Au total, nous avons pointé 4 083 traces isolées. Nous avons vérifié qu'aucune d'elles ne provient d'une étoile observable. Ces traces ne se terminent pas toutes dans l'émulsion. Pour déterminer leur sens, nous avons supposé qu'elles sont descendantes dans un cône formant un angle de 45° autour de la verticale du lieu; on sait, en effet, que l'intensité de cette composante du rayonnement cosmique est presque totalement comprise entre ces limites. Une représentation sphérique des directions des traces, analogue à celle déjà décrite ([2]), nous a permis de tenir compte de la surface apparente des volumes d'émulsion dépouillés pour une direction donnée faisant un angle azimutal φ avec le plan contenant le Soleil et l'axe de rotation, et un angle zénithal θ avec la direction de l'étoile polaire. Nous avons ainsi obtenu la variation azimutale de l'intensité dirigée pour $0 < \varphi < \pi/2$. Le tableau suivant donne les valeurs moyennes I de cette intensité (en unités arbitraires) sur des quarts d'hémisphère, la direction du Soleil correspondant à $\varphi = 135°$.

φ	de 10 à 80°	de 100 à 170	de 190 à 260°	de 280 à 350°
Nombre de traces.	845	833	896	909
I	6,80	6,39	6,81	6,94

([1]) B. Rossi, *Rev. Mod. Phys.*, 20, 1948, p. 547; P. M. S. Blackett, *Proc. Roy. Soc.*, A 159, 1937, p. 1.

([2]) H. Moucharafyeh et S. Rebaud, *J. Phys. Rad.*, 18, 1951, p. 527.

Ces moyennes ont été faites en supprimant les directions pour lesquelles la détection des traces est très difficile dans une plaque sur deux (traces orientées dans un angle de 10° autour de l'axe de visée du microscope).

Un minimum d'intensité apparaît dans la direction du Soleil. Cette variation, relativement importante, est de l'ordre de 8,5 % ; il est à noter qu'elle se retrouve séparément dans chaque plaque; elle est significative, car l'écart sur le nombre de traces enregistrées dans le quadrant contenant la direction du Soleil et dans le quadrant diamétralement opposé correspond à peu près au double de l'écart standard. La variation observée ne peut pas être attribuée à une variation de la pression atmosphérique, puisque la valeur moyenne de cette pression, pendant toute la durée de l'exposition, n'a varié que de $\pm 1/2000$.

Heures en TU	0	3	6	9	12	15	18	21
Pression atmosphérique en millibar	8588,1	8582,3	8582,6	8589,1	8591,2	8589,1	8588	8591,7

CHIMIE ORGANIQUE. — *Méthodes générales de cétolisation mixte par les chlorures d'organomagnésiens.* Note (*) de M. **Jacques-Émile Dubois**, présentée par M. Marcel Delépine.

Une classification systématique des types des β-aldols et des β-cétols est donnée. On montre ensuite que les chlorures d'alcoylmagnésiens RMgCl où R est ramifié sont des agents de condensation β-hydroxycarbonylique excellents dont l'utilisation est étendue aux opérations de cétolisation duplicatrice et de cétolisation mixte.

Dans un but de simplification nous avons adopté la classification et la nomenclature suivantes des réactions de β-aldolisation et de β-cétolisation. Elle nous permettra en particulier, dans cette Note, de préciser facilement les limites d'application d'une part des différentes méthodes de condensation hydroxycarbonylique qui nous intéresse ici et d'autre part de mettre en évidence pour quels types de condensations cétoliques les deux chlorures d'alcoylmagnésiens étudiés sont d'excellents agents de condensation.

Remarque. — Dans la pratique on peut utiliser les expressions simplifiées : β-cétolisation mixte (cas 1, tableau I) et β-aldolisation (cas 2, tableau II).

Tableau I. — *β-aldolisation et β-cétolisation complexes.*

Cas.	Type de β-hydroxycarbonylation.	Produits condensés.	Nature de la fonction. Alcool.	Nature de la fonction. Carbonylique
1.	Cétolisation mixte (simple)	aldéhyde + cétone	primaire ou secondaire	cétonique
2.	Cétolisation mixte complèxe	cétone C_1 + cétone C_2	tertiaire	cétonique
3.	Aldolisation mixte	aldéhyde A_1 + aldéhyde A_2	secondaire	aldéhydique

(*) Séance du 23 juin 1952.

TABLEAU II. — *β-aldolisation et β-cétolisation de duplication.*

Cas.	Type de β-hydroxycarbonylation.	Produits condensés.	Nature de la fonction. Alcool.	Nature de la fonction. Carbonylique
1.	Cétolisation de duplication	cétone	tertiaire	cétonique
2.	Aldolisation (simple)..........	aldéhyde	secondaire	aldéhydique

MÉTHODES DE CONDENSATION CÉTOLIQUE (série aliphatique). — 1° *Méthodes existantes.* — La condensation basique ne s'applique que dans le cadre des cétolisations mixtes simples et pour le premier cas de la cétolisation de duplication.

Les alcoolates magnésiens mixtes ([1]) sont de bons agents de condensation duplicatrice des méthylcétones, mais pour les cétones ramifiées, il est préférable d'utiliser les aminomagnésiens mixtes ([2]) qui peuvent aussi être utilisés dans certaines opérations de cétolisation mixte complexe ([3]).

2° *Méthodes au chlorure d'isopropylmagnésium* (CliPrMg) *et au chlorure de tertiobutylmagnésium* (CltBuMg). — Ces réactifs organomagnésiens préparés classiquement ont un pouvoir de condensation cétolique très élevé. Ils réagissent ainsi anormalement, sans l'aide de catalyseurs d'orientation, et conduisent à des rendements satisfaisants ([4]), parfois de l'ordre de 90 % de cétol.

La réaction normale de formation d'alcool tertiaire (cétone) ou secondaire (aldéhyde) disparaît dans la mesure où l'empêchement stérique croît dans les composés carbonylés utilisés.

Cétolisation de duplication. — Nous avons publié certains de nos résultats d'expériences relatifs à la méthode au CliPrMg ([4]). Des rendements comparables et souvent supérieurs ont été obtenus en collaboration avec M. Liebscher ([5]) à partir du chlorure de tertiobutylmagnésium.

Avec le diisopropylcétone, comme prévu par Colonge ([2]), nous avons subi un échec.

Mais, par ailleurs, la diisobutylcétone, qui devrait être condensable, puisqu'elle possède quatre atomes d'hydrogène en α, ne l'est absolument pas par les méthodes connues actuellement.

([1]) V. GRIGNARD et M. FLUCHAIRE, *Ann. Chim.*, 9, 1928, p. 5.

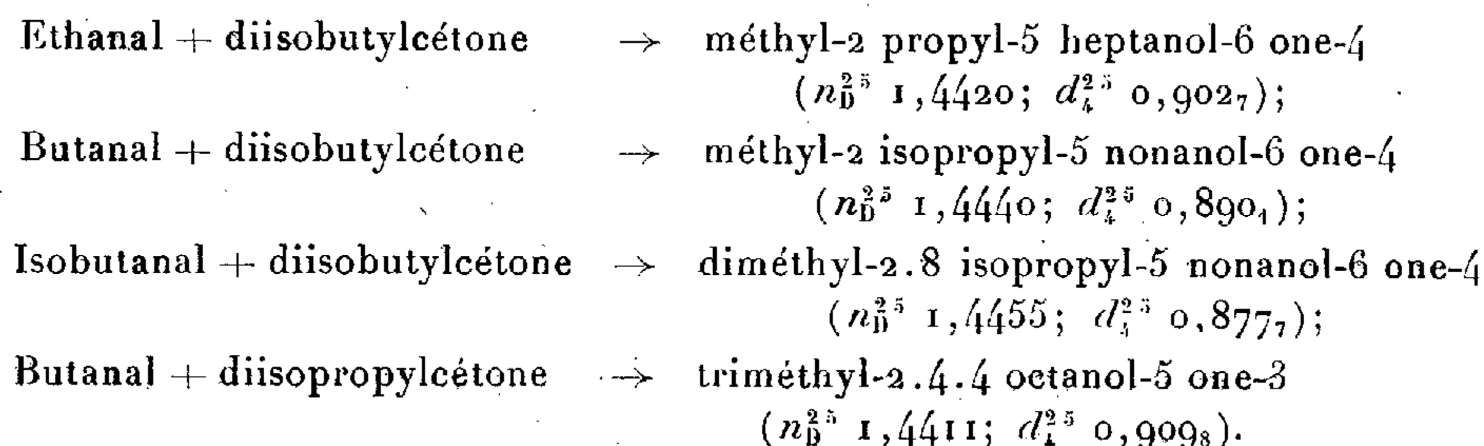
([2]) *Thèse d'ingénieur-docteur*, Lyon, 1934.

([3]) NIELSEN, GIBBONS et ZIMMERMANN, *J. Amer. Chem. Soc.*, 73, 1951, p. 4696.

([4]) J. E. DUBOIS, *Comptes rendus*, 224, 1947, p. 1018.

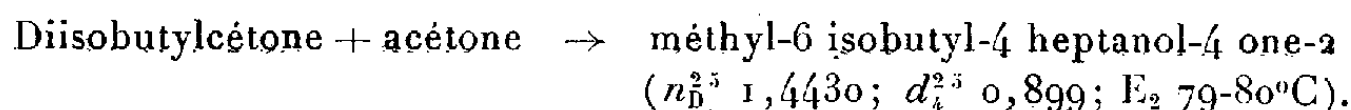
([5]) *Diplôme d'ingénieur-chimiste*, Sarrebrück, 1952.

Cétolisation mixte simple. — Nous donnerons ici quelques exemples et exposerons ultérieurement la technique improvisée.



Ethanal + diisobutylcétone	→	méthyl-2 propyl-5 heptanol-6 one-4 (n_D^{25} 1,4420; d_4^{25} $0{,}902_7$);
Butanal + diisobutylcétone	→	méthyl-2 isopropyl-5 nonanol-6 one-4 (n_D^{25} 1,4440; d_4^{25} $0{,}890_4$);
Isobutanal + diisobutylcétone	→	diméthyl-2.8 isopropyl-5 nonanol-6 one-4 (n_D^{25} 1,4455; d_4^{25} $0{,}877_7$);
Butanal + diisopropylcétone	→	triméthyl-2.4.4 octanol-5 one-3 (n_D^{25} 1,4411; d_4^{25} $0{,}909_8$).

Cétolisation mixte complexe. — *a*. Condensation d'une cétone non cétolisable par duplication avec une cétone symétrique susceptible d'être cétolisée par duplication. Les méthodes au Cl*i*PrMg et au Cl*t*BuMg sont applicables et conduisent facilement au cétol mixte complexe. Exemple :



Diisobutylcétone + acétone → méthyl-6 isobutyl-4 heptanol-4 one-2 (n_D^{25} 1,4430; d_4^{25} 0,899; E_2 79-80°C).

b. Cétolisation mixte complexe de deux cétones cétolisables. Ce cas devient très compliqué du point de vue théorique ([6]), mais avec les méthodes aux chlorures alcoylmagnésiens des simplifications sensibles interviennent en pratique. Une publication paraîtra à ce sujet.

En conclusion, nous avons pu utiliser la méthode des chlorures d'alcoylmagnésiens substitués pour obtenir les différents types de β-cétols et nous avons ainsi montré le caractère très général de ces agents de condensation β-hydroxycarbonylique.

CHIMIE ORGANIQUE. — *Étude de l'action du chlorite et du bioxyde de chlore sur la laine.* Note (*) de MM. **Charles Schirlé** et **Jean Meybeck**, présentée par M. Marcel Delépine.

En poursuivant nos recherches, nous avons mis en évidence que la méthionine était également oxydée en sulfoxyde et en sulfone. Nous avons essayé, d'autre part, de préciser le mécanisme d'oxydation de la cystine en acide cystéique, mais sans succès.

Nous avons signalé dans les Notes précédentes ([1]), ([2]), ([3]) que quatre

([6]) J. E. Dubois, *Comptes rendus*, **224**, 1947, p. 1506.

(*) Séance du 16 juillet 1952.

([1]) *Comptes rendus*, **232**, 1951, p. 526.

([2]) *Comptes rendus*, **232**, 1951, p. 732.

([3]) *Comptes rendus*, **232**, 1951, p. 1219.

amino-acides constitutifs de la laine étaient oxydés par le chlorite acide et le bioxyde de chlore : la tyrosine, le tryptophane, la méthionine et la cystine. Nous avons déjà décrit le mécanisme de l'oxydation des deux premiers amino-acides et nous allons étudier maintenant celui de la méthionine et de la cystine.

1. *Oxydation de la méthionine.* — Nous avons commencé par traiter la méthionine pure par du chlorite acide et nous avons montré qu'il se forme d'abord du sulfoxyde de méthionine, puis, lorsque toute la méthionine a disparu, le sulfoxyde est lui-même oxydé en sulfone :

Nous donnons ci-dessous les RF obtenus pour ces dérivés .

	Phénol saturé de ClH N/10.	Collidine.
Méthionine....................	0,76	0,38
Sulfoxyde de méthionine.......	0,78	0,17
Sulfone de méthionine.........	0,63	0,27

Dans la laine oxydée par le chlorite acide et le bioxyde de chlore, on peut mettre en évidence d'une façon analogue que le méthionine disparaît et se retrouve sous forme de sulfone de méthionine.

2. *Oxydation de la cystine.* — Dans notre première Note, nous avions trouvé, par chromatographie sur papier, que l'acide cystéique était le terme final de la réaction.

Le but de nos nouveaux essais est de préciser si, dans des conditions ménagées, il se formait intermédiairement du disulfoxyde de cystine.

En suivant la méthode de chromatographie bidimensionnelle sur papier, on se heurtait à deux grosses difficultés. Tout d'abord, en prenant comme solvants le phénol ammoniacal et la collidine, le disulfoxyde de cystine était confondu avec l'acide cystéine sulfinique et se plaçait entre la cystine et l'acide cystéique, ce qui rendait sa recherche très délicate. D'autre part, nous avons montré que le disulfoxyde de cystine se décomposait au séchage à l'étuve lors de l'élimination du premier solvant.

Pour lever la première difficulté, nous avons utilisé du phénol saturé d'acide chlorhydrique décinormal comme premier solvant, et de la collidine saturée d'eau comme deuxième solvant. Dans ces conditions, les amino-acides d'oxydation de la cystine se séparent très bien et possèdent les RF suivants :

	Phénol saturé de ClH N/10.	Collidine.
Cystine.......................	0,15	0,10
Disulfoxyde de cystine.........	0,10	0,18
Acide cystéine sulfinique.......	0,28	0,18
Acide cystéique...............	0,18	0,20

Pour éviter la décomposition du disulfoxyde à l'étuve, nous avons éliminé le phénol, en passant le chromatogramme à froid dans un bain de solvant volatil et nous avons vérifié que les RF restaient inchangés.

Cette méthode nous a permis d'étudier l'oxydation par le chlorite acide et le bioxyde de chlore, de la cystine pure, dans des conditions très modérées; nous avons ainsi montré qu'il se formait uniquement de l'acide cystéique et jamais de disulfoxyde.

Nous nous sommes proposé ensuite de voir si la cystine constitutive de la laine s'oxydait suivant le même processus, ou si, au contraire, il se formait intermédiairement du disulfoxyde de cystine.

Mais le disulfoxyde de cystine n'est pas stable en milieu acide dans les conditions d'hydrolyse de la laine, utilisées pour la recherche des amino-acides constitutifs de cette fibre et il se décompose en cystine et en acide sulfinique.

En conséquence, une preuve de la formation intermédiaire de disulfoxyde serait la mise en évidence d'acide sulfinique dans les hydrolysats de laine.

Ce dernier dérivé peut être aisément détecté à l'état de traces sur le chromatogramme, par passage dans un bain d'iodoplatinate de potassium suivant la méthode de Tœnnies et Kolb (4).

Or, nous avons constaté en ajoutant de l'acide sulfinique au milieu d'hydrolyse en *présence de laine*, que cet acide était détruit par un amino-acide constitutif de la laine ou par un produit de décomposition de ceux-ci.

Pour essayer d'obvier à cet inconvénient, nous avons opéré l'hydrolyse dans des conditions très variées (soude caustique, acides chlorhydrique et sulfurique, en présence de réducteurs, en tube scellé, en atmosphère d'azote, etc.), mais dans aucun cas nous ne sommes parvenus à empêcher la décomposition de l'acide sulfinique.

Ainsi donc, bien qu'il soit probable que le pontage cystinique de la laine s'oxyde par le chlorite acide suivant un processus identique à celui de la cystine pure, c'est-à-dire sans passer par le stade intermédiaire du disulfoxyde, il nous a été impossible de le prouver formellement.

En effet, l'absence de disulfoxyde, ou de son produit de décomposition : l'acide sulfinique, dans les hydrolysats de laine, n'est pas une preuve suffisante que ce disulfoxyde ne se forme pas, puisque nous avons pu démontrer que l'acide sulfinique disparaît en présence de la laine.

---

(4) *Analytical Chemistry*, 23, 1951, p. 823.

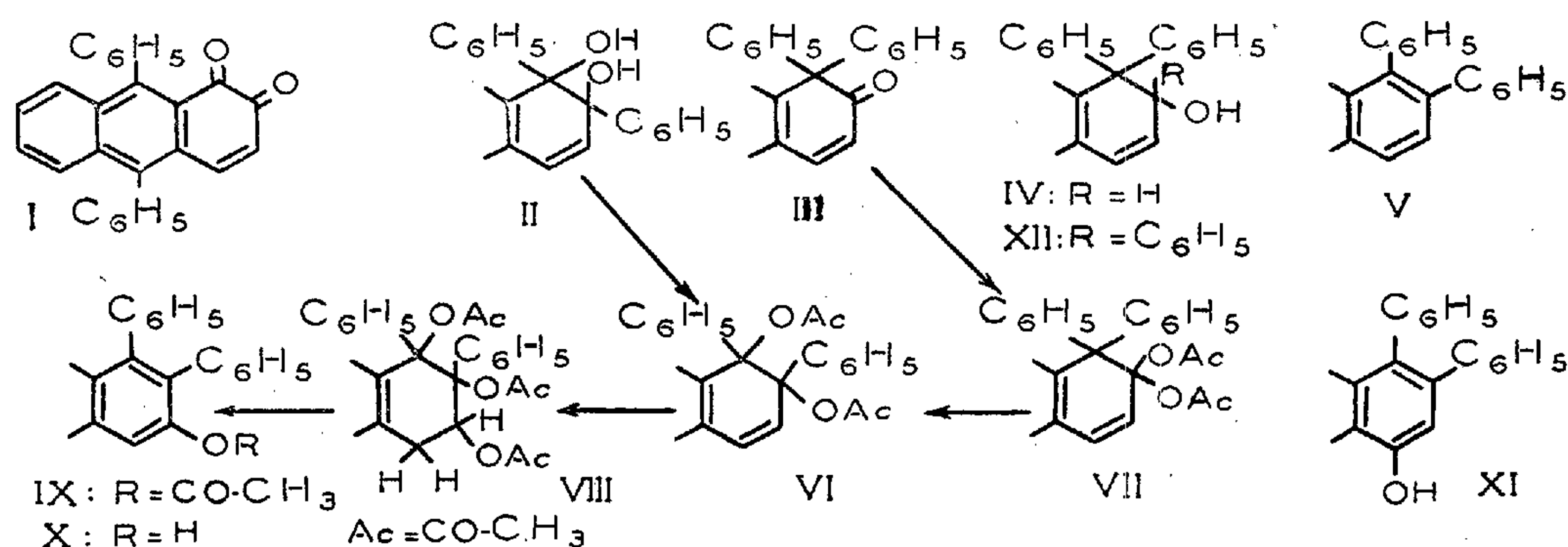
CHIMIE ORGANIQUE. — *Sur quelques dérivés de la diphényl-9.10 anthraquinone-1.2*. Note (*) de MM. **André Étienne** et **Jean Weill-Raynal**, présentée par M. Charles Dufraisse.

Action du magnésien et du lithien du bromobenzène sur la diphényl-9.10 anthraquinone-1.2. Action des acides sur le produit obtenu. Formation du tétraphényl-1.2.9.10 anthracène et du β-anthrol correspondant, ainsi que d'autres corps par transpositions pinacolique et rétropinacolique.

Dans une Note précédente ([1]) nous avons étudié quelques réactions de la diphényl-9.10 anthraquinone-1.2, I. Nous examinons ici l'action des organométalliques (magnésien et lithien) préparés à partir du bromobenzène.

La réaction de phénylation, effectuée par une solution éthérée de phényllithium ou de bromure de phénylmagnésium, refroidie à 0°, nous a permis d'obtenir un composé incolore, présentant à chaud deux hydrogènes mobiles, ($C_{38}H_{28}O_2$) F_{inst} 245°, que nous supposons être le dihydroxy-1.2. tétraphényl-1.2.9.10 dihydro-1.2. anthracène, II.

Ce corps ne peut être réduit directement en tétraphényl-1.2.9.10 anthracène, V, par les agents de réduction habituels des diquinols : trichlorure de titane, iodure de potassium acétique, acide iodhydrique aqueux, zinc + acide acétique. Cependant cet hydrocarbure, V, a pu être obtenu par une série de réactions anormales que nous présentons ci-dessous. Les structures des composés intermédiaires ne peuvent être affirmées sans réserves, mais la synthèse du tétraphényl-1.2.9.10 anthracène, par une voie différente que nous exposerons ultérieurement, ne laisse aucun doute sur sa constitution.



Si l'on traite le quinol II par les acides forts, en milieu acétique ou alcoolique, ou par le chlorure d'acétyle, on le déshydrate facilement en un

(*) Séance du 21 juillet 1952.

([1]) A. Étienne et J. Weill-Raynal, *Comptes rendus*, **233**, 1951, p. 313.

produit jaune pâle, ($C_{38}H_{26}O$) F_{inst} 199-200°. Ce composé résiste aux réactifs habituels des carbonyles (hydroxylamine, dinitro-2.4 phénylhydrazine), ne comporte pas d'hydrogène mobile et n'est pas énolisable. Mais il est réduit par l'hydrure de lithium et d'aluminium en un composé incolore, à un hydrogène mobile, ($C_{38}H_{28}O$) F_{inst} 195-196°. L'action des acides (SO_4HK, SO_4H_2 en milieu acétique) sur ce dernier composé, produit une déshydratation qui conduit au tétraphényl-1.2.9.10 anthracène, V, ($C_{38}H_{26}$) F_{inst} 227°.

Le produit, F_{inst} 199-200°, de déshydratation du quinol II, serait la cétone III, ayant deux phényles géminés en 1, ou céto-2 tétraphényl-1.1.9.10 dihydro-1.2 anthracène, et son produit de réduction, l'hydroxy-2 tétraphényl-1.1.9.10 dihydro-1.2 anthracène, IV. Le composé III se formerait à partir de II par une migration d'un phényle, du type pinacolique, sous l'action des acides. La structure proposée s'accorde bien avec l'allure du spectre d'absorption U. V.; d'autre part, on n'a pas à lui objecter le manque de réactivité du carbonyle, car une inertie du même genre a déjà été observée, en particulier pour la diphényl-9.9 anthrone-10.

La deuxième déshydratation qui conduit au tétraphényl-1.2.9.10 anthracène, V, aurait lieu en même temps que le retour inverse en 2 d'un des phényles géminés en 1 du composé IV (transposition rétropinacolique).

Rappelons que ce couple de transpositions inverses, pinacolique puis rétropinacolique, a été réalisé dans des conditions opératoires semblables, sur les quinols des mésodiarylphénanthrènes ([2]) ([3]).

Une réaction plus inattendue est celle de l'anhydride acétique à 5 % d'acide sulfurique, soit sur le quinol II, soit sur la cétone III, qui conduit, dans les deux cas, à un ester d'anthrol, qui serait un acétoxy-tétraphényl-1.2.9.10 anthracène ($C_{40}H_{28}O_2$) F_{inst} 213°. L'acétoxyle peut être facilement saponifié à froid (KOH dans l'éthylglycol) pour donner un hydroxy-tétraphényl-1.2.9.10 anthracène, ($C_{38}H_{26}O$) F_{inst} 262°. Cet anthrol copule avec le chlorure de benzène diazonium. Il diffère totalement de l'anthrol, déjà décrit comme étant l'hydroxy-4 tétraphényl-1.2.9.10 anthracène, XI ([4]). Ceci nous permettrait, sous réserve de l'exactitude de la structure de ce dernier, de fixer en 3 les groupements acétoxyle et hydroxyle des composés indiqués ci-dessus, qui seraient respectivement l'acétoxy-3 et l'hydroxy-3 tétraphényl-1.2.9.10 anthracène, IX et X.

Cette formation de composés phénoliques, qui peut paraître surprenante, a été interprétée de la façon suivante : à partir du quinol II, il y aurait acétylation des hydroxyles et ensuite, fixation d'une molécule d'acide acétique sur la double liaison 3.4, donnant ainsi les composés intermédiaires VI puis VIII.

([2]) A. WERNER et A. GROB, *Ber.*, 37, 1904, p. 2887.
([3]) W. E. BACHMANN, *J. Am. Chem. Soc.*, 54, 1932, p. 1969; 55, 1933, p. 3837.
([4]) A. ÉTIENNE et R. HEYMES, *Bull. Soc. Chim.*, (5), 14, 1947, p. 1038.

Dans le cas de la cétone III, l'anhydride acétique se fixerait d'abord sur le carbonyle en 2 pour donner l'acylal VII, qui fournirait VI par transposition rétropinacolique : l'effet directeur du carbonyle qui s'opposait à la fixation en 3 de l'acidyle, se trouverait ainsi annihilé. Par le mécanisme d'acidylation indiqué plus haut, il se formerait VIII; ce dernier perdrait alors deux molécules d'acide acétique pour aboutir à IX.

A l'appui de la constitution de la cétone III, nous citerons l'action du phényllithium, qui nous a permis d'obtenir un carbinol XII, non déshydratable en accord avec la formule que nous lui attribuons, et qui serait l'hydroxy-2 pentaphényl-1.1.2.9.10 dihydro-1.2 anthracène ($C_{44}H_{32}O$) F_{inst} 245°.

En raison de la complication des réactions exposées, certaines des structures énoncées peuvent appeler des réserves. Elles s'accordent assez bien cependant avec l'allure des spectres d'absorption U. V. des produits obtenus.

D'autres mécanismes, faisant intervenir des additions 1.4 sur les carbonyles conjugués avec une double liaison (addition de Kohler), ont été envisagés, mais ils ne sont pas en accord avec la totalité des faits expérimentaux.

CHIMIE ORGANIQUE. — *Dérivés méthoxylés et méthoxychlorés de la benzo* [6.7] *quinazoline*. Note (*) de MM. **Maurice Legrand** et **Yves Lepage**, présentée par M. Charles Dufraisse.

Les diméthoxy-2.4, chloro-2 méthoxy-4, N-diméthyl-1.3 dioxo-2.4 tétrahydro-1.2.3.4, chloro-9 méthoxy-4, chloro-9 diméthoxy-2.4 et dichloro-2.9 méthoxy-4 benzoquinazolines ont été préparés et soumis à la photodimérisation et à la photooxydation.

Nous avons montré précédemment (1), (2), (3), (4) que la benzo [6.7] quinazoline et ses dérivés chloré, hydroxylé et méthoxylé en -4 étaient photodimérisables mais non photooxydables. Cette absence de photooxydabilité nous a assez surpris en raison du caractère acénique marqué des benzoquinazolines linéaires; nous avons voulu voir si elle se manifestait aussi dans le cas des dérivés dont les sommets 2 et 4 étaient substitués.

Par la même occasion, l'aptitude à la photodimérisation de ces composés a été examinée.

Les corps étudiés sont les dérivés méthoxylés et méthoxychlorés en -2,4 de la benzo [6.7] quinazoline et de son dérivé chloré en-9.

(*) Séance du 21 juillet 1952.

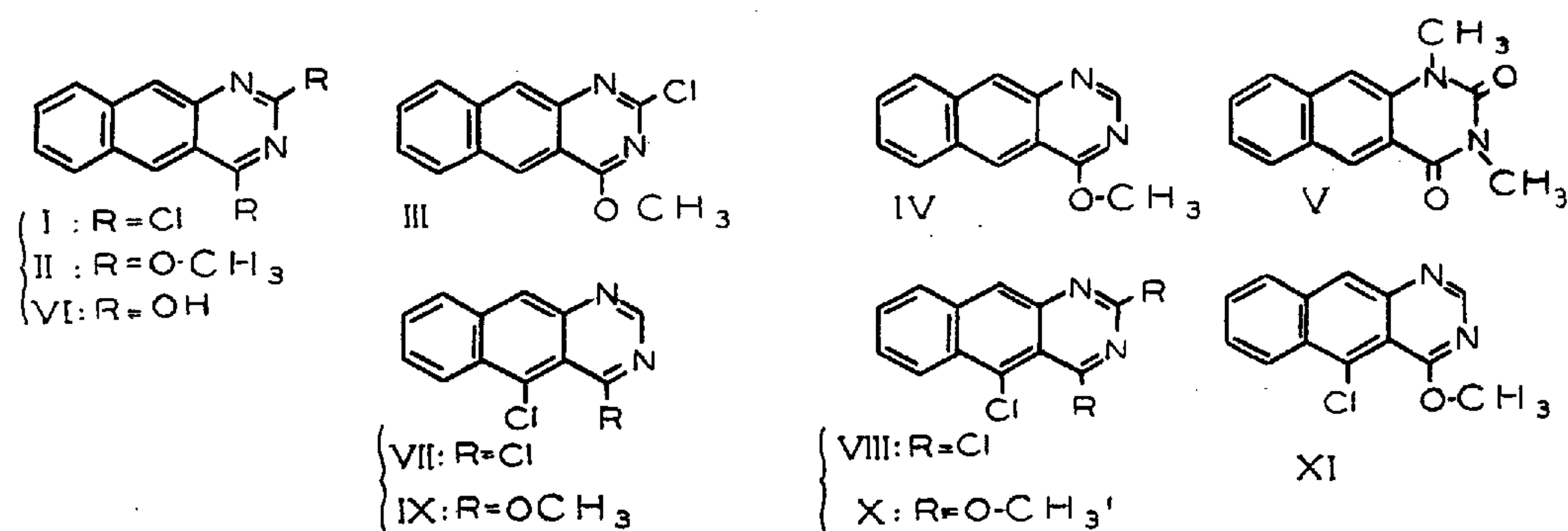
(1) A. Étienne et M. Legrand, *Comptes rendus*, 229, 1949, p. 220.

(2) A. Étienne et M. Legrand, *Comptes rendus*, 231, 1950, p. 232.

(3) M. Legrand, *Comptes rendus*, 231, 1950, p. 1318.

(4) A. Étienne et M. Legrand, *Comptes rendus*, 232, 1951, p. 1223.

a. Dérivés de la benzoquinazoline. — La dichloro-2.4 benzo [6.7] quinazoline, I, dont nous avons décrit la préparation antérieurement ([3]), conduit par traitement à froid, avec du méthylate de sodium, à la diméthoxy-2.4 benzo [6.7] quinazoline ($C_{14}H_{12}O_2N_2$), II, cristaux jaune pâle (méthanol) F_{inst} 150°. En utilisant un agent méthylant plus doux, par exemple un mélange de méthanol et de carbonate de sodium sec, on peut s'arrêter à une monométhylation si l'opération est conduite à froid. Il se forme alors un composé chlorométhoxylé, de formule brute, $C_{13}H_9ON_2Cl$, cristaux jaune pâle (méthanol) F_{inst} 185°. Les études spectrales ([5]) laissent supposer que, dans ce produit, le méthoxyle se trouve fixé en 4 et le chlore en 2, ce serait donc la méthoxy-4 chloro-2 benzoquinazoline III. Il aurait été évidemment intéressant de transformer par réduction ce composé en une méthoxybenzoquinazoline et de comparer cette dernière à la méthoxy-4, IV, déjà connue ([1]); mais il ne nous a été possible d'éliminer le chlore, ni par réduction au couple zinc-cuivre, ni par hydrogénation en présence de palladium déposé sur carbonate de calcium. Ces propriétés différencient nettement ce dérivé chlorométhoxylé de la dichloro-2.4 benzoquinazoline, I, puisque dans cette dernière, non seulement les chlores s'éliminent facilement ([3]), par hydrogénation catalytique, mais encore deux hydrogènes se fixent en 3.4. Il semble donc qu'un méthoxyle en-4 confère au chlore en-2 les propriétés d'un halogène substitué sur un noyau aromatique.



Pour compléter la série des dérivés O et N méthylés sur le noyau pyrimidique de la benzoquinazoline, nous avons préparé d'autre part, la N-diméthyl-1.3 dioxo-2.4 tétrahydro-1.2.3.4 benzoquinazoline (V), par méthylation, au moyen de sulfate de méthyle, du sel de lithium de la dihydroxy-2.4 benzoquinazoline (VI). ($C_{14}H_{12}O_2N_2$), cristaux incolores (alcool) F_{inst} 190°.

b. Dérivés de la chloro-9 benzoquinazoline. — Les dichloro-4.9 ([2]), VII, et

([5]) Résultats non encore publiés.

trichloro-2.4.9 benzoquinazoline, VIII ([3]), donnent respectivement, par action du méthylate de sodium à froid, la chloro-9 méthoxy-4 benzoquinazoline ($C_{13}H_9ON_2Cl$) IX, cristaux jaune vif (subl.), F_{inst} 188°, et la chloro-9 diméthoxy-2.4 benzoquinazoline ($C_{14}H_{11}O_2N_2Cl$), X, cristaux jaune pâle, F_{inst} 177°. Si l'on fait la méthylation du corps trichloré en-2.4.9, VIII, dans des conditions plus douces (méthanol à froid en présence de carbonate de sodium), on obtient comme avec la dichloro-2.4, la dichloro-2.9 méthoxy-4 benzoquinazoline ($C_{13}H_8ON_2Cl_2$), XI, cristaux jaunes (subl.) F_{inst} 209°.

c. Étude photochimique. — Par exposition à la lumière solaire de solutions saturées, dans l'alcool pour les produits ne portant pas de chlore, et dans le benzène pour les autres, on obtient des photodimères incolores et insolubles qui se déposent des solutions. La vitesse et le rendement des dimérisations sont variables avec les différents produits. On doit noter que les dérivés chlorés se dimérisent plus lentement et avec de moins bons rendements que les autres; en particulier la chloro-9 méthoxy-4 benzoquinazoline, IX, est à peine photodimérisable. Tous ces dimères sont dissociables par la chaleur vers 250°, avec retour aux monomères.

En ce qui concerne la photooxydation, les benzoquinazolines signalées ci-dessus, sont très peu altérées après irradiation, même prolongée (1 mois), en solution diluée dans le sulfure de carbone et il nous a été impossible d'isoler un photooxyde ou une mésoquinone. Ces résultats sont en accord avec ceux qui ont été déjà observés ([4]) sur les autres benzoquinazolines : ces corps se dimérisent en général avec une facilité remarquable, mais ne se laissent pas photooxyder dans les conditions habituelles.

GÉOLOGIE. — *Sur l'hydrogéologie des sables thanétiens du Bassin de Paris.* Note (*) de Mlle **Armelle Rouvillois**, transmise par M. Pierre Pruvost.

Le Thanétien présente une masse continue de sable de 20 à 30 m de puissance. Le Sparnacien imperméable le recouvre au moins dans le synclinal du Thérain. Grâce à la pente générale des couches vers le centre du bassin, l'eau est rapidement mise en charge et alimente de nombreux forages parfois jaillisants.

Les affleurements où s'alimente la nappe ont une superficie de 722 km² répartie en une longue bande de largeur variant de 100 à 2 800 m. La bordure occidentale est délimitée par le flanc Nord de l'anticlinal du Bray et la bande se poursuit sans interruption sur le pourtour septentrional au pied de la cuesta de l'Ile-de-France jusqu'à Rilly-la-Montagne où se termine le faciès sableux.

(*) Séance du 21 juillet 1952.

Les sables thanétiens, à partir des affleurements, s'enfoncent rapidement sous les couches tertiaires pour se terminer selon une ligne allant de Coye (Oise) à Rilly-la-Montagne (Marne) en passant par Rouvres et Marigny-en-Orxois, où ils ont été reconnus par forage.

L'étude granulométrique montre la constance du calibrage de ces sables et leur finesse. L'entrefil probable, déterminé sur les courbes cumulatives, oscille entre 0,090 et 0,170 mm, moyenne 0,120 mm. Le diamètre du grain critique s'établit à 0,100 mm. Cette finesse est la cause d'un entraînement trop considérable en cours de pompage : le puits de Verneuil a un débit solide de 15 mm^3/l, pour un débit de 43 m^3/h sous une dépression de 9 m.

L'étude hydrogéologique de la nappe thanétienne, basée sur de nombreux forages, montre les résultats suivants :

1° La zone de nappe libre se situe au voisinage immédiat des affleurements, car, grâce à la pente accentuée des couches, l'eau se met très rapidement en charge. Du fait de ces dispositions le Thanétien est relativement sec sur ses limites (Clermont) ([1]). Sur les rares puits établis dans cette zone (huit puits étudiés), un seul (Sempigny) a son captage dans les sables dû à la présence de bancs gréseux ([2]). Les autres ont dû être conduits dans la Craie.

2° La zone de nappe captive a un comportement variable selon les grandes unités définies par la tectonique.

Dans la région du synclinal de la Somme, à part deux forages situés au Nord-Ouest de l'Oise avec une mise en charge de 3 kg, aucune indication hydrologique (11 forages étudiés) n'a été relevée dans le Thanétien, à peu près sec du Laonnais à la Montagne de Reims. Seule la partie du Soissonnais avoisinant la vallée de l'Aisne, portion la plus profonde du synclinal, est un peu aquifère et quelques forages ont capté l'eau des sables thanétiens, mais sont ensablés actuellement : Attichy, niveau statique à + 35 m.

Près de l'axe de Margny-lès-Compiègne la situation est encore peu favorable. Pour deux puits étudiés le niveau statique s'établit également à la cote + 35 m, mais avec une faible mise en charge (0,9 kg).

Dans le synclinal du Thérain les couches s'enfoncent très rapidement et la partie la plus déprimée se situe vers Chantilly et Senlis, où la craie est à la cote — 74 et l'artésianisme y est remarquable. Des données de 42 forages étudiés il résulte que le niveau hydrostatique s'établit entre + 29 et + 35 dans la partie profonde, pour se relever vers la cote + 45 dans la vallée du Thérain et vers + 75 aux abords de la faille du Bray. De rares anomalies sont à signaler : à Chamant, niv. stat. à + 53 et à Villers-Cotterets, à + 57, puits où le sommet du Thanétien est respectivement à — 47 et à + 10.

L'évolution dans le temps du niveau statique semble montrer qu'entre 1876 et 1922, dans la région de Nogent-sur-Oise, il y a eu un abaissement de + 45 à + 32. Par contre, entre 1899 et 1949, à Creil et Verneuil le niveau reste pratiquement inchangé (+ 29) et le jaillissement se maintient dans les puits anciens (Usine Siemens).

Le débit des forages n'a pas toujours été noté. Toutefois en se basant sur les données plus précises des puits de Creil et de ses environs, on constate que le débit de jaillissement d'ouvrages même très voisins a toujours été variable, tout en restant peu abondant. Le mode de captage conditionne ces variations pour une grande part. On conçoit qu'en pompage la nappe puisse donner des débits plus importants : à Chantilly le débit du puits

---

([1]) ABRARD, *Bul. Mus. Hist. Nat.*, p. 151.
([2]) ABRARD, *Ann. Mines*, 1937, p. 1446.

a pu être poussé à 90 m³/h sous une dépression de 31 m ; il a été réglé à 45 m³/h de même que celui de Verneuil. A Saintines les essais de débit ont donné 43 m³/h sous une dépression de 8,50 et 60 m³/h sous une dépression de 10,65. Le débit de 45 m³/h semble ne pouvoir être dépassé à cause du débit solide.

En résumé, l'étude des forages montre qu'en zone de nappe libre les eaux du Thanétien peu abondantes sont difficiles à capter, la dépression en pompage provoquant rapidement l'ensablement. En zone de nappe captive, à part la région profonde de la vallée de l'Aisne et celle du synclinal du Thérain, le Thanétien contient peu ou pas d'eau et présente peu d'intérêt au point de vue hydrologique. Par contre, dans les deux régions privilégiées il s'établit un régime artésien intéressant dont le niveau statique atteint pratiquement les cotes + 35 à + 40 dans les parties profondes et seulement + 29 dans la portion qui correspond en surface à la vallée de l'Oise, entre Creil et Rieux, où les cotes du sol permettent d'édifier des puits jaillissants. Dans la basse vallée de la Brèche et dans celle du Thérain les puits sont également jaillissants, le niveau hydrostatique restant légèrement supérieur à la cote du fond de la vallée : à Nogent-sur-l'Oise et de Cires-lès-Mello à Hermes. Les indications de débits sont trop peu nombreuses pour des puits exécutés dans des conditions différentes pour être utilement comparables. Il ressort néanmoins que tous les puits s'ensablent et que le débit d'une exploitation durable doit être limité à une capacité très inférieure à celle de la nappe, en raison du débit solide dû à la finesse des sables.

GÉOLOGIE. — *Sur l'origine des granites tertiaires de la Kabylie de Collo (Département de Constantine).* Note (*) de M. **Marcel Roubault**, transmise par M. Pierre Pruvost.

Les granites tertiaires de la Kabylie de Collo ont été l'objet d'une étude antérieure détaillée, étude dans laquelle ont été envisagés tant leur mode de gisement que leurs particularités pétrographiques (1).

Depuis cette étude une évolution considérable s'est produite dans les idées sur la genèse des roches grenues, évolution à laquelle l'auteur a été étroitement associé (2) et (3).

Dans le cadre de la terminologie actuelle, ces granites appartiennent au groupe des granites dits à bords circonscrits. Leur bordure, essentiellement visible sur le flanc sud du massif qui forme la plus grande partie

(*) Séance du 21 juillet 1952.
(1) *Bull. Serv. Carte Géol. Algérie*, 2e série, n° **10**, 1934.
(2) *Bull. Serv. Carte Géol. Algérie*, 5e série, n° **4**, 1939.
(3) *Revue Scientifique*, n° **3310**, Avril 1951.

de la presqu'île du Cap Bougaroun, est en effet d'une grande netteté; nulle part n'ont été observés les phénomènes de naissance de cristaux isolés du granite dans les sédiments encaissants en particulier de feldspaths, si caractéristiques de la bordure de la plupart des granites hercyniens ou plus anciens.

Les faits principaux qui permettent d'émettre une hypothèse sur le mode de genèse de ces roches et sur leur mise en place sont les suivants :

1° Leur composition chimique moyenne. ainsi que celle des microgranites voisins auxquels elles sont intimement liées, est identique à celle des formations gneissiques qui leur sont proches, à faible distance au Sud.

2° Le métamorphisme de contact est nul ou presque sur la bordure de la partie orientale du massif, c'est-à-dire dans la zone microgranitique ou proche de celle-ci. Il s'accentue considérablement vers l'Ouest, c'est-à- dire en bordure de la zone spécifiquement granitique. Ce métamorphisme, même lorsqu'il est accentué, ne se traduit par aucune modification sensible dans la composition chimique globale des sédiments transformés : il n'y a pas d' « apport ».

3° Dans les granites. ainsi que dans les aplites de leur cortège, les formes de cristallisation des éléments révèlent fréquemment, au microscope, des aspects singuliers du type ordinairement décrit sous le nom de figures de « corrosion »; c'est d'ailleurs parmi des échantillons en provenance de cette région qu'ont été pris plusieurs des exemples ayant servi à édifier l'hypothèse de genèse du granite en milieu solide ([4]).

4° Les formes des dômes microgranitiques de la région de Collo-Cheraïa, les orgues existant en bordure de ces dômes, appellent, pour le microgranite, l'idée d'appareils éruptifs correspondant à la mise en place originelle de masses magmatiques sous une couverture sédimentaire relativement faible.

Sans que l'on puisse évaluer exactement l'épaisseur de la couverture initiale de la zone granitique, l'observation récente de très petits lambeaux sédimentaires, probablement oligocènes, dans cette zone, laisse penser que le granite a également pris naissance sous une couverture peu épaisse.

En conclusion, le granite post-burdigalien de la Kabylie de Collo paraît s'être formé initialement aux dépens de matériaux profonds de composition voisine (ou identique) de celle des gneiss et gneiss granulitiques de la zone plus méridionale; et il n'est pas exclu de penser qu'il représente peut-être simplement un stade ultime d'évolution de la prolongation de cette zone vers le Nord, sous la couverture oligocène et miocène.

([4]) *Loc. cit.*, *Pl.* VI, 1939.

Considéré du point de vue de l'état physique du milieu dans lequel se sont formés ses cristaux, tels qu'on les observe aujourd'hui, ce granite paraît appartenir au groupe des granites, d'ailleurs relativement peu nombreux semble-t-il, résultant de l'évolution *après consolidation* d'une lave de composition voisine ou identique ([5]).

Les présentes considérations sont indépendantes du rôle éventuel, au surplus non encore établi, joué par les éléments volatils lors de la genèse de ces roches.

PHYSIOLOGIE VÉGÉTALE. — *Le rôle de l'acide indol-β-acétique dans la formation des chancres parasitaires chez les végétaux.* Note de M[lle] **Jeanne Berducou**, présentée par M. Raoul Combes.

Les dosages de l'hétéroauxine à l'aide des tests biologiques « vrilles et *Avena* » sont une preuve concluante de la sécrétion d'acide indol-β-acétique par *Nectria Galligena*. *N. Cinnabarina* est incapable de synthétiser cette substance. La prolifération des tissus de pommier envahis par *N. Galligena* est due à l'action de l'hormone.

Dans une Note antérieure ([1]) j'ai formulé l'hypothèse d'après laquelle le tissu de cicatrisation causé par *N. Galligena* dans la maladie du chancre du Pommier serait dû à la sécrétion d'acide indol-β-acétique par ce champignon. Je suis en mesure, aujourd'hui, d'apporter des preuves plus convaincantes à mes conclusions précédentes.

Des raisons d'ordre matériel m'ayant obligée, en 1949, à baser mon interprétation sur des dosages chimiques, je suis à même maintenant de donner les résultats fournis par les tests biologiques. En effet, malgré la sensibilité de la méthode chimique, on est parfois sceptique sur sa spécificité absolue. Le présent travail écarte toute objection valable qui aurait pu être apportée à mes recherches antérieures.

Afin de doser l'hétéroauxine synthétisée et excrétée par *N. Galligena* et pour prouver que *N. Cinnabarina* ne synthétise pas cette hormone, j'ai cultivé les deux microorganismes dans des conditions identiques. Milieu de culture : Knop 1/2 + 30 g de glucose + 13 g de gélose. On introduit, par tube en pyrex, 20 cm³ de milieu; développement des cultures, soit à la lumière, soit à l'obscurité à la température de 22°.

Pour la détermination qualitative, je me suis servie, dans le présent travail, du test vrille de F. Nysterakis ([2]). Pour le dosage quantitatif, le test *Avena* a été utilisé.

([5]) *Loc. cit.*, 1939, p. 55; 1951, p. 107.

([1]) *Comptes rendus*, **228**, 1949, p. 1052.

([2]) *Comptes rendus*, **226**, 1948, p. 1917.

Dans le cas du test vrille, la séparation du feutrage mycélien entraînait une mince couche de substratum qui était enlevée par grattage soigneux et lavage rapide à l'eau bi-distillée. Les filaments obtenus étaient triturés avec une petite quantité de lanoline pure à 50 % d'eau; le reste de la lanoline fut incorporé par la suite. Dans le cas des expériences dont les résultats sont rapportés ici, la pâte de lanoline appliquée sur les vrilles contenait 25 % de filaments. Pour le dosage de l'hétéroauxine du milieu, une couche de 2 à 3 mm d'épaisseur, sous-jacente à celle isolée avec les filaments, était mélangée avec de la lanoline dans les mêmes proportions que les filaments. Les divers mélanges étaient conservés à l'obscurité et appliqués unilatéralement 48 h après sur une des branches des vrilles bifurquées. Sur l'autre branche, on appliquait de la lanoline pure. Les dosages sont effectués à l'obscurité, à la température de 20° et à 80 % d'humidité relative. Sous les réserves indiquées par F. Nysterakis ([3]), le test vrille m'a donné des résultats très rapides et décisifs. La courbure se déclenche 20 mn à 3 h après l'application, suivant l'âge des vrilles et la date de leur prélèvement. 1 à 6 h après le traitement, on obtient le maximum de courbure.

		Test *Vrilles* (Valeur en degrés d'angles.)	Test *Avena* (Valeur en γ/kg de matière fraîche.)	
		culture de 45 jours à la lumière.	culture de 45 jours à l'obscurité.	culture de 90 jours à la lumière.
N. Galligena.	Filaments....	45 à 100	94	108
	Milieu.......	35 à 85	112	88
N. Cinnabarina.	Filaments....	0	0	0
	Milieu.......	0	0	0

Les dosages avec *Avena* sont effectués par la méthode classique. Dans mes expériences : température de la chambre conditionnée 25°, humidité 95 % (les deux conditions parfaitement constantes), croissance à l'obscurité, opérations à la lumière rouge sombre. La séparation des filaments est effectuée comme précédemment. 2 g de filaments + 25 cm³ d'éther purissime sont restés en contact, à l'obscurité, dans la glacière, pendant 20 h. Les milieux séparés des champignons, comme lors des dosages par les vrilles, sont découpés en blocs et appliqués immédiatement après sur les coléoptiles. Ces milieux correspondaient toujours aux filaments dont la teneur en auxine était déterminée simultanément. De nombreux dosages ont été effectués à des époques différentes et sur des cultures développées sous des conditions variées, mais toujours les mêmes pour les

([3]) *Comptes rendus*, 232, 1951, p. 1005.

deux microorganismes étudiés. Je donne ci-après quelques cas caractéristiques qui suffisent pour conclure.

Le tableau ci-dessus démontre que *N. Galligena* synthétise et sécrète des doses appréciables d'auxine, tandis que *N. Cinnabarina* est incapable d'en fabriquer.

Un grand nombre d'expériences se rapportant aux auxines ont démontré que les diverses réactions déterminées chez les Végétaux par ces substances ne sont pas uniquement sous la dépendance de leur concentration. Elles exigent le concours d'au moins un autre facteur. Nous ne prétendons pas que toutes les fois qu'un microorganisme sécrète une dose déterminée d'auxine, il doive nécessairement provoquer la prolifération des tissus des plantes qu'il envahit. Il est cependant logique d'admettre que dans le cas qui nous intéresse l'hétéroauxine doit jouer un rôle déterminant. L'hôte étant en mesure de fournir les composants avec lesquels l'auxine doit former son système de réaction, *N. Galligena*, qui sécrète cette substance, peut engendrer des cas de cicatrisation, tandis que *N. Cinnabarina*, qui ne synthétise pas l'auxine, en est incapable.

PHYSIOLOGIE VÉGÉTALE. — *Sur le métabolisme glucidique des champignons supérieurs.* II. *Relation entre le glycogène et le mannitol chez* Agaricus campester (*Fr.*) *variété bispora.* Note de M. **Marcel Quillet** et Mlle **Gilberte Legrand**, présentée par M. Raoul Combes.

Pendant l'asphyxie dans l'azote ou l'acide cyanhydrique, c'est aux dépens du glycogène que le carpophore d'*Agaricus campester* accumule du mannitol. En présence d'HCN le glycogène donne en même temps une quantité notable de réducteur, ce qui se produit aussi en présence de certains autres poisons gazeux.

Dans une Note récente [1] nous avons indiqué qu'il était possible de faire monter notablement le taux du mannitol dans les tissus des champignons séparés de leur substrat, en les maintenant pendant quelques heures sitôt la récolte, dans une atmosphère modifiant l'activité oxydasique (azote ou air chargé de vapeur d'HCN).

Entre autres conséquences, il semblait découler de ces expériences que le mannitol ne se forme pas directement aux dépens des glucides absorbés par le mycélium, mais, plus probablement, à partir d'une substance présente dans les carpophores cueillis.

Il devenait possible aussi, en choisissant une espèce convenable, de suivre pondéralement la disparition de la substance glucidique capable de fournir le polyalcool pendant ces asphyxies. Une espèce exempte de

---

[1] *Comptes rendus*, **234**, 1952, p. 876.

tréhalose mais riche en glycogène et en mannitol devait pouvoir nous permettre de vérifier l'hypothèse qui nous paraissait la plus vraisemblable d'une relation métabolique entre ces deux derniers glucides, comme l'avait entrevu naguère Errera ([2]). Le champignon de couche, facile à obtenir toute l'année, répondait précisément à ces conditions ([3]).

Nous nous sommes assurés par nous-mêmes qu'à partir du « grain » ne dépassant pas quelques millimètres de diamètre, jusqu'aux exemplaires parvenus à maturité, le tréhalose n'apparaissait à aucun moment. Nous l'avons cherché en vain dans les extraits alcooliques où sa présence se serait signalée par une augmentation du réducteur et une chute notable du pouvoir rotatoire, après hydrolyse. Le glycogène, au contraire, est abondant dès l'apparition des « grains »; il forme, spécialement à la base du pied, des plages aisément colorables par le réactif iodo-ioduré. Quant au mannitol, il constitue jusqu'à 20 % du poids sec.

La seule difficulté de l'expérience était le dosage quantitatif du glycogène. Après de multiples essais, la technique adoptée fut une série d'épuisements de la pulpe par l'alcool faible et l'eau bouillante, une mise en poudre impalpable avec du sable, puis l'hydrolyse pendant quatre jours à 40° par du mycélium sec d'*Aspergillus niger*. Dans ces conditions, le polyose est entièrement transformé en glucose, et un contrôle de l'hydrolysat par chromatographie de partage sur papier ne révèle que des traces négligeables d'attaque du reste de gomme imprégnant les membranes.

On constate que le taux du glycogène dans les carpophores d'*Agaricus campester* varie peu au cours de la croissance et s'établit aux environs de 11 à 12 % du poids sec à la maturité des spores. Après la cueillette, ce taux diminue très vite, ainsi que celui du mannitol, sans que l'on trouve trace de réducteur, ce qui ne permet évidemment pas d'établir un rapport entre ces deux substances.

Il n'en est plus de même lorsqu'on paralyse les oxydations : le mannitol qui s'accumule épuise la réserve de glycogène d'une quantité équivalente et révèle ainsi son origine.

Dans l'azote saturé d'eau, cas le plus simple où l'on n'a pas de réducteur, cette égalité très apparente est exactement vérifiée aux erreurs d'expérience près.

En atmosphère d'acide cyanhydrique, si la quantité de glycogène consommé est très nettement supérieure à celle du mannitol accumulé, une quantité notable de réducteur compense presque exactement le déficit.

Voici l'une de ces expériences, plusieurs fois répétées et qui réussissent

---

([2]) *Bull. Acad. roy. Belgique*, 8, n° 12, p. 1884.

([3]) La variété « Sarazin n° 32 » sur laquelle nous avons travaillé nous a été fournie par la Station expérimentale de Saint-Cyr,

d'autant mieux que le champignon, plus ouvert, est plus capable de subir l'influence des milieux gazeux.

Bilan glucidique (% de substance sèche).

	Glycogène.	Réducteur.	Mannitol.	Total.
Sitôt la récolte	12,6	0	21	33,6
Conservé 48 h en atmosphère humide				
d'azote	6,9	0	25,8	32,7
d'acide cyanhydrique	6,3	4,6	23	33,9
de chloroforme	4,2	5,6	21	30,8
d'air	6,6	0	14,6	21,2

Dans le chloroforme qui ne fait que peu varier le taux du mannitol du champignon frais, le métabolisme est sans doute un peu plus compliqué. Du glycogène disparaît tandis que se forme une grande quantité de réducteur et le bilan des glucides est négatif. Mais il est évident que, dans ce cas, les oxydations restent intenses et, probablement, une partie des glucides est-elle oxydée.

Quant à la production considérable de réducteur en présence de ces deux derniers poisons, elle semble pouvoir être attribuée à une variation très visible de la perméabilité cellulaire mettant en contact les enzymes et leur substrat; phénomène qui ne se produit pas dans l'azote. La même apparition très curieuse de réducteur peut être observée en atmosphère de benzène ou de sulfure de carbone qui provoquent dans les tissus des modifications analogues de la perméabilité et une intense exsudation allant jusqu'au tiers du poids de champignon frais.

EMBRYOLOGIE VÉGÉTALE. — *Embryogénie des Liliacées. Développement de l'embryon chez le* Scilla autumnalis *L.* Note de M. **Pierre Crété**, présentée par M. René Souèges.

Le *Scilla autumnalis*, comme les autres espèces de Liliacées déjà étudiées, se rattache à l'archétype du *Muscari comosum.* L'histoire de sa cellule basale, aux stades proembryonnaires, reproduit rigoureusement celle de la cellule basale du *Senecio*. Cette similitude n'a jamais été jusqu'ici tout spécialement mise en évidence.

Depuis les recherches rigoureuses de R. Souèges sur le *Muscari comosum* L. (1), l'*Allium ursinum* L. (2) et l'*Anthericum ramosum* L. (3), la question

(1) R. Souèges, *Comptes rendus*, **183**, 1926, p. 233; *Bull. Soc. bot. Fr.*, **70**, 1932, p. 11.
(2) R. Souèges, *Comptes rendus*, **182**, 1926, p. 1344; *Bull. Soc. bot. Fr.*, **78**, 1931, p. 675.
(3) R. Souèges, *Comptes rendus*, **167**, 1918, p. 34; *Bull. Soc. bot. Fr.*, **78**, 1931, p. 166.

s'est posée de savoir dans quelle mesure les données particulièrement précises apportées par l'auteur pouvaient être étendues à toute la famille des Liliacées. Celle-ci comporte au minimum 2500 espèces, réparties dans un certain nombre de tribus aux caractères distinctifs incertains et fort discutés comme le démontre la diversité des classifications proposées par les systématiciens. Les causes de ces divergences sont toujours les mêmes, les caractères invoqués étant superficiels, empruntés à la seule organographie. Il y a donc lieu de se demander tout d'abord si les caractères embryogéniques sont homogènes ou hétérogènes et ensuite, si les caractères hétérogènes une fois reconnus peuvent être utilisés pour établir sur des bases plus solides et plus rationnelles des divisions stables dans le vaste groupement des Liliacées. En prenant en considération l'origine du sac embryonnaire et la nature nucléaire ou cellulaire de l'albumen, Schnarf (4) a, pour sa part, établi déjà qu'il était possible de tirer de l'embryologie de la famille des renseignements fort utiles.

C'est le *Scilla autumnalis* L. qui fait l'objet de la présente étude : dans cette espèce, l'embryon se rattache au type fondamental du *Muscari comosum*. Les quatre quadrants constitués à partir de l'étage *ca* (*fig.* 3) donnent naissance à huit éléments, soit par formation de cloisons anticlines comme dans le type (*fig.* 6), soit, comme chez l'*Anthericum ramosum*, par différenciation de cloisons transversales (*fig.* 4 et 5). A ce stade devrait correspondre le proembryon à seize cellules, mais il est assez rare que les blastomères conservent un égal pouvoir de division jusqu'à la quatrième génération (*fig.* 6). Par contre, on identifie toujours les cinq étages fondamentaux, *q*, *m*, *n*, *o* et *p*. L'étage *q* est à l'origine de la partie cotylée; l'étage *m* donne naissance à la partie hypocotylée, au point végétatif de la tige et aux initiales du cylindre central. Les initiales de l'écorce de la racine et la portion médiane de la coiffe se constituent à partir de l'étage *n*, l'étage *o* intervenant seulement dans l'édification du sommet de la coiffe. De l'étage *p*, ne dérive qu'un suspenseur court et fugace.

Si, dans ses grandes lignes, l'étude du *Scilla* n'apporte rien d'essentiellement nouveau à nos connaissances sur l'embryogénie des Liliacées, elle nous procure par contre, dans ses détails, des données absolument originales. Il s'agit de l'existence de formes régulières schématiques, qui font suite de peu au stade hexadécacellulaire (*fig.* 12) et qui sont particulièrement démonstratives des rapports étroits qui unissent les deux archétypes du *Muscari* et du *Senecio* : au niveau de l'étage *m*, les limites du dermatogène, du périblème et du plérome sont indiquées de façon très précise et les cellules du plérome se divisent transversalement. Chez cette Monocotylédone, l'histoire de la cellule basale reproduit ainsi celle de l'*Urtica* (*fig.* 42, p. 187) (5), du *Senecio* (*fig.* 10, p. 255) (6)

(4) *Sitzb. Akad. Wissenschaft. Wien. Math. nat. Kl.*, Abt. I, 138, 1929, p. 69.

(5) R. Souèges, *Comptes rendus*, 171, 1920, p. 1009; *Bull. Soc. bot. Fr.*, 68, 1921, p. 172.

(6) R. Souèges, *Comptes rendus*, 171, 1920, p. 254 et 356.

et, d'une façon générale, de la plupart des Composées, comme le démontrent tout particulièrement les nombreuses figures publiées par J. Vernin ([7]).

R. Souèges a déjà décrit ces mêmes processus de segmentation chez le *Muscari*, mais n'a pas fait remarquer les étroits rapports qu'ils offrent avec ceux qui s'observent dans le type embryonomique du *Senecio* ([8]).

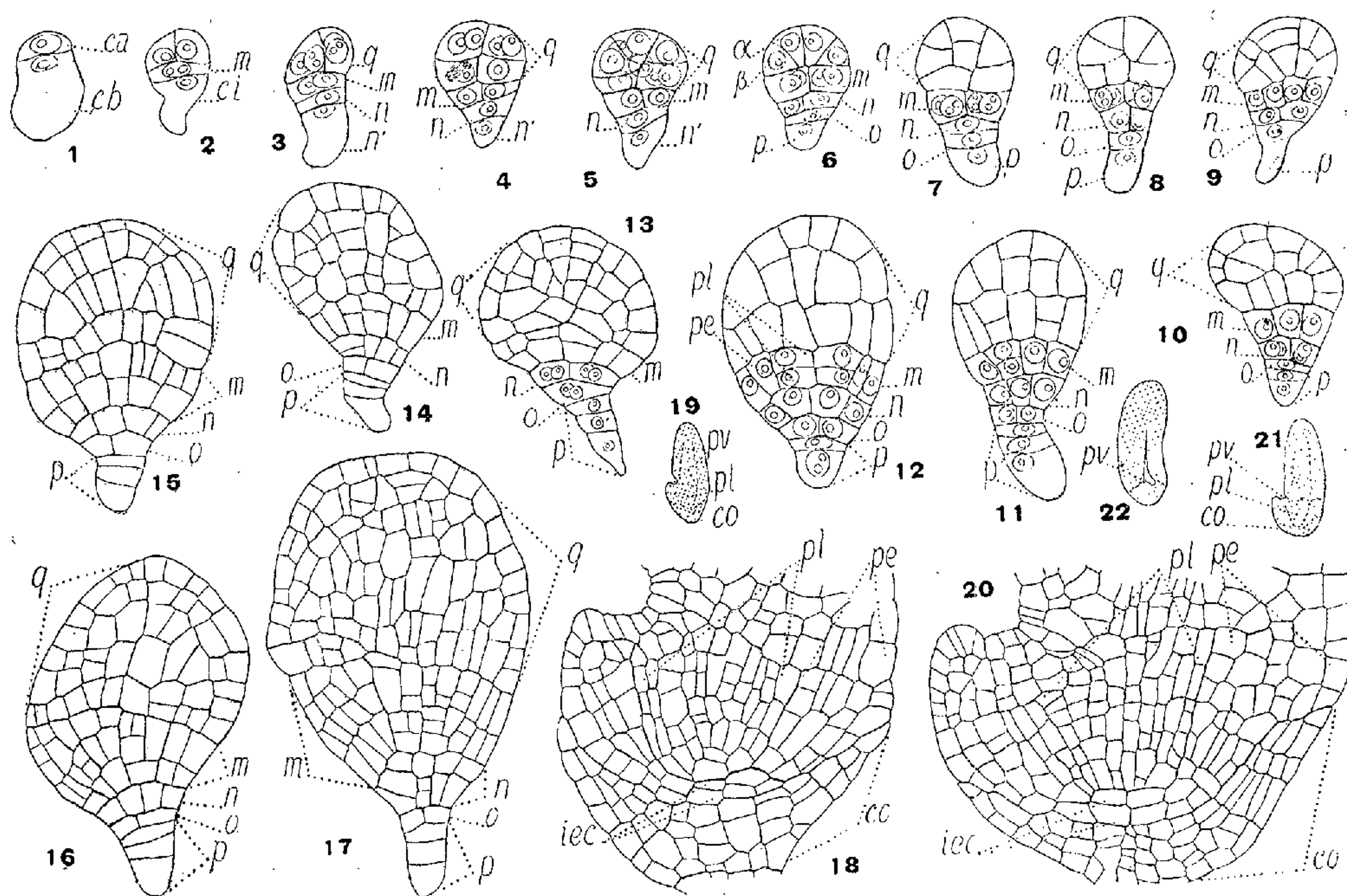


Fig. 1 à 22. — *Scilla autumnalis* L. — Les principaux termes du développement de l'embryon : *ca*, cellule apicale et *cb*, cellule basale du proembryon bicellulaire; *m*, cellule-fille de *cb* ou étage moyen du proembryon; *ci* cellule-fille inférieure de *cb*; *q*, quadrants ou cotylédon; α et β, cellules-filles du quadrant; *n* et *n'*, groupes cellulaires produits par *ci*; *o* et *p*, éléments issus de *n'*; *pe*, périblème, *pl* plérome; *co*, coiffe; *pv*, point végétatif de la tige. En 19 et 21, aspect général des embryons d'où sont tirés les détails des fig. 18 et 20. En 22, formation de la gouttière cotylédonaire. — G 240; 29 pour les fig. 19, 21 et 22.

L'étude du *Scilla autumnalis* présente encore un autre intérêt : l'assise de cellules qui constitue l'étage *n* à la quatrième génération se dédouble assez tardivement pour qu'il n'y ait pas de doute sur le rôle qu'elle joue dans l'édification du sommet de la racine. De plus, les initiales de l'écorce sont finalement groupées en deux assises et l'orientation régulière des couches cellulaires permet de rattacher l'espèce étudiée au type III E*b*, décrit par Schüepp ([9]). En ce qui concerne la tige, son point végétatif est réduit dans l'embryon

([7]) *Thèse Doct. Univ.* (*Pharmacie*), Paris, 1952.

([8]) *Bull. Soc. bot. Fr.*, 1932, p. 16 et *fig.* 112, 113, 114.

([9]) *Méristème*, p. 73 (*Hand. d. Pflanzenanat. von K. Linsbauer*, Berlin, 1926).

adulte à un simple bourrelet, ce qui confirme les données de P. Chouard ([10]) à ce sujet. Autour de ce bourrelet, d'origine latérale, le cotylédon se développe en deux directions opposées au voisinage de l'axe hypocotylé et, progressivement, forme une gouttière (*fig.* 22) dont les bords, en se rejoignant, amènent la formation de la gaine cotylédonaire.

En conclusion, l'embryogénie des Liliacées nous apparaîtrait, à la lumière des exemples étudiés, comme très homogène. Les différences entre genres portent seulement sur le nombre des assises initiales de l'écorce au sommet radiculaire, sur la participation plus ou moins grande de l'étage *n* à l'édification de la coiffe, sur la présence ou l'absence d'un suspenseur. Il est vrai que les individus examinés appartiennent tous au groupe des Liliacées à bulbe, Liliacées dont l'axe hypocotylé correspond presque entièrement à un cône végétatif primordial et où les étages inférieurs contribuent surtout à former le plateau du bulbe futur. L'étude de la Scille apporte un argument nouveau en faveur de l'étroite parenté qui unit, dans le premier groupe de la classification périodique, les formes proembryonnaires des Monocotylédones du mégarchétype I à celles des Dicotylédones appartenant au mégarchétype II.

CYTOLOGIE VÉGÉTALE. — *Structure de l'archégone et déroulement de la fécondation chez quelques Polypodiacées.* Note de Mme **Jacqueline Vazart**, présentée par M. Raoul Combes.

L'archégone des Fougères observées est formé de trois cellules superposées dont la plus externe est binucléée, protégées par une assise cellulaire différenciée de façon particulière. Les caractères cytologiques et caryologiques de ces divers éléments ont été étudiés, ainsi que la pénétration des anthérozoïdes et la fusion des noyaux ♂ et ♀.

Ayant examiné la formation de l'archégone et les processus de caryogamie chez des espèces choisies au hasard : *Asplenium Trichomanes*, *Athyrium Filix-femina* et *Scolopendrium vulgare*, nous avons constaté que l'organisation de cet organe ne correspondait pas à celle qui est habituellement décrite, et que ses diverses parties subissaient, en outre, une différenciation cytologique marquée qui va être précisée ici.

La cellule initiale, en position sous-épidermique, se repère grâce à la densité de son cytoplasme et à la taille de son noyau : alors que ceux du tissu prothallien banal ne mesurent guère que 5 à 7 μ de diamètre, le sien atteint souvent 14 μ et présente déjà une évolution structurale particulière : les éléments chromosomiques sinueux, fort dispersés, sont très visibles mais ne se colorent que faiblement selon la technique nucléale

([10]) *Ann. Sc. nat. Bot.*, 10e série, 13, 1931, p. 418.

de Feulgen. La cellule elle-même est volumineuse et provoque la saillie de celles qui la recouvrent, généralement au nombre de quatre.

Tandis que cette disposition anatomique se précise, une première méiose intervient dans la cellule archégoniale et individualise vers sa base un gros noyau ($d = 11\ \mu$) dans lequel se poursuit la différenciation amorcée dans le noyau-père, et, vers le sommet, un noyau plus petit ($d = 9\ \mu$), qui, peu chromatique, restera tel quel jusqu'à la prochaine caryocinèse. La cellule basale constitue la future oosphère; le cytoplasme se détache souvent des parois et dessine une sorte d'étoile autour du noyau dans lequel les nucléoles se vacuolisent; une cloison l'isole de la cellule supérieure. Autour de celle-ci, les cellules épidermiques se divisent chacune une fois, indépendamment les unes des autres, si bien qu'on en observe désormais deux assises de quatre formant la paroi du col du jeune archégone. Elles s'emplissent de tannins et leur noyau, de petite taille et très chargé en chromatine, revêt un aspect pycnotique. Il demeure pourtant fonctionnel, puisque plusieurs mitoses se produiront encore, assurant l'allongement de l'enveloppe du col simultanément à celui de la cellule qu'elle enferme.

En effet, le noyau de cette dernière entre à nouveau en division et les deux noyaux fils se trouvent alors situés aux extrémités d'une masse cytoplasmique allongée, creusée en son centre d'une grande vacuole. Une cloison cellulaire se forme tardivement entre cette vacuole et le noyau basal, qui présente, à un moindre degré, des caractères analogues à ceux du noyau de l'oosphère. Ainsi se trouve constituée la cellule intermédiaire ou « Bauchkanalzelle » des auteurs allemands. Au sommet de l'autre cellule ou cellule du canal (Kanalzelle), le noyau se charge de matière chromatique, puis se divise à nouveau : la taille des deux noyaux reformés est relativement élevée ($d = 8\ \mu$). Les éléments chromosomiques y semblent fort abondants et se colorent vivement quelle que soit la technique utilisée. Le nombre des nucléoles est double de celui des autres noyaux archégoniaux. Cependant le cytoplasme demeure indivis.

A maturité l'archégone est donc constitué de trois cellules : l'oosphère, la cellule intermédiaire et la cellule binucléée du canal du col, entourées d'une enveloppe protectrice. Celle-ci comprend principalement, autour du col, trois assises de quatre grandes cellules plates et courbées, comblées de tannins, et contenant un petit noyau pycnotique. Ce manchon est fermé au sommet par une mosaïque de petites cellules, présentant les mêmes caractères; il se continue autour de l'oosphère, dans la profondeur du tissu prothallien, par une gaine cellulaire dont les éléments sont en voie de multiplication active et dont la charge en précipités vacuolaires, quoique plus importante que celle des cellules voisines, l'est beaucoup moins que celle des cellules protectrices externes. L'oosphère est alors cupuliforme. Dans son noyau tout élément Feulgen-positif a progressivement disparu.

Le nucléoplasme, toujours achromatique, contient un ou deux nucléoles vacuolisés, colorables en rose pâle par le réactif de Schiff et une charpente filamenteuse, probablement celle des chromonémas qui fixe bien les colorants basiques. On y distingue, en outre, des masses arrondies plus volumineuses que les nucléoles et donnant lieu aux mêmes réactions colorées, mais avec une intensité moindre (*Athyrium*), ou bien des granules très colorables mais de petite taille (*Asplenium, Scolopendrium*).

Lors de l'ouverture du canal, les anthérozoïdes, munis de leur blépharoplaste, y pénètrent par dizaines, détruisant au passage toute structure cellulaire. Ils s'amassent en paquet dans la cellule intermédiaire qui fait alors saillie dans la concavité de l'oosphère. L'un d'eux, longeant la paroi de cette dernière, en fait le tour et pénètre dans le noyau ♀ par la base de la cellule où la couche de cytoplasme est plus mince et moins dense. Nous n'avons étudié jusqu'à présent que l'évolution du noyau ♂ qui, parvenu dans celui de l'oosphère, y décrit des boucles et des méandres, tout en se relâchant peu à peu en un reticulum de moins en moins dense. Les anthérozoïdes surnuméraires demeurent bloqués au sommet du jeune embryon où leur noyau intact est encore visible lorsque celui-là est déjà formé d'une trentaine de cellules.

PHYSIOLOGIE. — *Le rôle de facteurs enzymatiques extraits du poumon ou du cœur sur l'oxygénation de l'hémoglobine.* Note de M. **J.-André Thomas** et Mlle **Annette Blanc**, présentée par M. Robert Courrier.

Il existe dans le sang artériel sortant du cœur gauche un facteur enzymatique voisin du complexe succinodéshydrase, qui n'est plus décelé dans le sang veineux au retour de la grande circulation, et qui entre en jeu dans la fixation de O_2 sur l'hémoglobine. Le mécanisme de l'hématose physiologique ne dépend pas uniquement de conditions physiques, il met en jeu des facteurs enzymatiques.

Nos recherches précédentes (1), (2), (3), (4) nous ont conduits à essayer d'extraire des facteurs conditionnant le phénomène de l'hématose, à partir du sang artériel, du sang veineux, des poumons et du cœur.

1° *Sang* (sang aortique et cave de Vache, défibriné; lyse par l'eau distillée à volume égal; chauffage entre 50 et 60° pendant 10 mn; filtration sur papier, dessiccation du filtrat à 37°). L'extrait sec est essayé sur du sang veineux cave de Vache et du sang jugulaire de Cheval (sang frais défibriné

(1) J.-André Thomas et A. Blanc, *Comptes rendus*, **234**, 1952, p. 992.

(2) J.-André Thomas, *XIVe Congrès intern. Chirurgie*, 1951 (à paraître).

(3) J.-André Thomas, J. Vaysse, J. P. Binet, N. Oeconomos et A. Blanc, *C. R. Acad. Chirurgie*, **78**, 1952, p. 489-498.

(4) J.-André Thomas, R. de Vernejoul, H. Metras et A. Blanc, *ibid.*, **78**, 1952, p. 502-506.

faiblement hématosé par barbotage de O_2; dosages de O_2 par la méthode de Van Slyke). Les taux de O_2 sont : 16,33 et 14,57 cm^3 % (témoins); l'addition, avant la même oxygénation de 0,010 g d'extrait sec de sang artériel pour 10 cm^3, donne des taux de 18,56 et 17,82. L'extrait de sang veineux donne, dans les mêmes conditions : 16,45 et 15,08. De même, sur 3 sangs veineux de Cheval, on obtient corrélativement les taux de : 11,78, 11,52, 11,84 (témoins); 14,85, 14,94, 15,41 (extrait artériel) et 12,03, 11,66, 11,63 (extrait veineux). On ne peut extraire du sang veineux un facteur favorisant l'hématose, même si celui-ci a été longuement oxygéné avant l'extraction (témoins : 18,21 et 18,33, contre 17,17 et 17,62 en présence d'extrait).

2° *Poumon* (broyat de parenchyme pulmonaire de Vache, extraction pendant 30 mn par du tampon phosphaté à pH 9, à parties égales, précipitation acétique du liquide de centrifugation à pH 5,5; dissolution du précipité dans la soude N/10; reprécipitation acétique à pH 4; précipité utilisé en solution physiologique sur du sang jugulaire de Cheval). Les taux de O_2 sont : 12,85, 12,83, 12,64, 11,78 (témoins), contre : 17,80, 17,68, 17,43, 17.66 (10 cm^3 de sang additionné de 0,010 g d'extrait pulmonaire sec). Le mode d'inactivation de l'extrait conservé au froid le (gain de fixation de O_2 pendant les cinq premiers jours est 4,95, 4,50, 3,68, 2,45, 0,13), et l'action des groupements —S—S de la cystine (¹), nous ont conduits à mettre en cause un enzyme et tout d'abord une déshydrase.

3° *Facteurs enzymatiques pulmonaire ou cardiaque.* — Nous avons préparé, à partir du poumon ou du cœur, les fractions suivantes : glycérophosphate déshydrase (⁵), glucose 6-phosphate déshydrase (⁶), sulfure déshydrase (⁷), *l*-acido-aminodéshydrase (⁸), lacticodéshydrase (⁹) et succinodéshydrase (¹⁰).

Seules sont actives la succinodéshydrase, immédiatement, et la lacticodéshydrase après un délai de 15 mn au moins; celle-ci est inhibée par l'addition des coenzymes (diphosphopyridine nucléotide et diaphorase), nécessaires à son activité sur le substrat spécifique.

La purification de la lacticodéshydrase est beaucoup plus poussée que celle de la succinodéshydrase dont l'activité est plus faible. La succinodéshydrase s'inactive rapidement; la courbe d'inactivation est établie par les chiffres suivants d'augmentation du taux de O_2 : 1er jour : 3,17; 2e jour : 2,43; 3e jour : 2,21; 4e jour : 1,22.

---

(5) D. E. GREEN, *Biochem. J.*, 30, 1936, p. 629-631.
(6) E. NEGELEIN et W. GERISCHER, *Biochem. Z.*, 284, 1936, p. 289-297.
(7) J. M. LAWRENCE et C. V. SMYTHE, *Arch. Bioch.*, 2, 1943, p. 225-232.
(8) E. A. ZELLER et A. MARITZ, *Helv. chim. Acta*, 27, 1944, p. 1888-1890.
(9) F. B. STRAUB, *Biochem. J.*, 34, 1940, p. 483'485.
(10) E. C. SLATER, *Biochem. J.*, 45, 1949, p. 1-8.

Augmentation du taux d'oxygène fixé par quelques sangs veineux (10 cm³), *en présence de* 0,5 cm³ *d'extraits de cœur ou de poumon, correspondant à la succinodéshydrase* (*S. D.*), *et à la lacticodéshydrase* (*L. D.*).

	Sg témoin.	Sg + S.D.	Augment. taux O_2.	Sg témoin.	Sg + L.D.	Augment. taux O_2.
Cœur	12,03	14,12	2,9	11,78	16,57	4,79
	12,40	15,57	3,17	13,63	17,92	4,29
Poumon	12,52	15,80	3,28	12,43	15,57	3,14
	12,30	14,73	2,43	13,75	17,78	4,03
	13,80	16,78	2,98	–	–	–
	13,75	17,52	3,77	–	–	–

Discussion. — D'une part, le muscle cardiaque ne peut plus utiliser l'acide lactique lorsque le taux de O_2 du sang artériel est au-dessous de 25 %, simultanément le glycogène cardiaque disparaît, l'asphyxie entraîne une hyperglycémie [11]. On peut rapprocher de ces phénomènes l'activité de la lacticodéshydrase sur la fixation de O_2 par l'hémoglobine, mais la nécessité d'un certain temps d'action semble devoir écarter cet enzyme comme facteur normal de l'hématose. D'autre part, l'activité de la succinodéshydrase est à son maximum dans le muscle cardiaque [10]. De plus, l'action inhibitrice des composés thiols, en particulier le B. A. L. qui inhiberait la succinodéshydrase par un de ses produits d'oxydation [12], rappelle l'action de la cystine que nous avons mise en évidence. Enfin, étant donnée l'influence des variations structurales des molécules de globine sur les forces d'interaction des hèmes, dont dépend l'affinité de l'hémoglobine pour O_2 [13], on peut faire l'hypothèse que le facteur enzymatique dont nous montrons le rôle agit sur des constituants de la molécule de globine.

Conclusion. — Il existe donc dans le sang, sortant du cœur gauche, un facteur enzymatique voisin du complexe succinodéshydrase, jouant un rôle dans le phénomène de l'hématose physiologique. Un tel facteur actif n'est plus décelé dans le sang veineux, au retour de la grande circulation. Le mécanisme de l'hématose ne dépend pas seulement de conditions physiques, il met en jeu des facteurs enzymatiques.

BIOLOGIE. — *Influence de l'hypophysectomie sur l'hyperactivité réactionnelle de l'ovaire restant chez le Cobaye.* Note (*) de MM. **Max Aron**, **Claude Aron** et **Jean Marescaux**, présentée par M. Robert Courrier.

Après avoir montré que la castration unilatérale provoquait, chez la femelle de Cobaye, une hyperactivité réactionnelle de l'ovaire restant carac-

(11) D. Cordier et G. Dessaux, *C. R. Soc. Biol.*, **145**, 1951, p. 727-729.
(12) E. C. Slater, *Biochem. J. G. B.*, **45**, 1949 p. 14-30.
(13) R. C. C. St. George et L. Pauling, *Science*, **114**, 1951, p. 629-634.

(*) Séance du 21 juillet 1952.

térisée par une hypertrophie et une hyperplasie des éléments thécaux et granulosiques des ovisacs ([1]) et constaté que ce phénomène ne se produisait qu'en certaines périodes de l'année dites « positives », alors qu'en d'autres, dites « négatives », l'hémicastration laissait l'ovaire restant inchangé ([2]), nous avons mis en évidence, sur des bases morphologiques, le rôle joué par les cellules basophiles de la *pars distalis* dans le déclenchement de l'hyperactivité réactionnelle ([3]) et apporté les divers arguments suivants en faveur de son caractère réflexe :

1° L'hyperactivité réactionnelle apparaît chez la femelle de cobaye nouveau-née dont l'ovaire n'élabore vraisemblablement que des quantités minimes d'ostrogène ([4]).

2° Ni la folliculine, ni la testostérone, administrées avant l'ablation d'un ovaire, n'empêchent l'apparition de l'hyperactivité réactionnelle, en période positive ([5]), ([6]).

3° L'ablation de fragments minimes d'ovaire, ou l'inoculation d'une substance inerte dans un ovaire, ou la section du mésovarium respectant le pédicule vasculaire de l'ovaire, suscitent, dans l'ovaire contro-latéral comme dans l'ovaire, ou le restant d'ovaire traumatisé, une hyperactivité réactionnelle de même intensité que celle déclenchée par l'hémicastration ([7]).

A la lumière de toutes ces observations, il nous a semblé légitime de rejeter l'interprétation selon laquelle l'hyperactivité réactionnelle relèverait d'un déséquilibre endocrinien imputable à l'extirpation d'un ovaire. Dès lors, nous avons mis en œuvre des expériences analogues à celles qui ont permis l'analyse du réflexe d'ovulation de la Lapine, afin de pousser plus avant l'étude du mécanisme de l'hyperactivité réactionnelle.

89 femelles de cobaye, d'un poids de 250 à 500 g, ont été hypophysectomisées en deux temps, pour des raisons que nous développerons ailleurs : l'on pratique, en un premier temps, la perforation du basisphénoïde à la hauteur de la selle turcique, sans effectuer le prélèvement de l'hypophyse. Celle-ci est aspirée 2 jours plus tard, soit 1 à 2 h après l'ablation d'un ovaire, soit 10 à 15 mn avant cette intervention. Les animaux ont été sacrifiés au bout de délais variant de 10 à 36 h après l'hypophysectomie. Seules ont été tenues pour valables les observations faites chez des animaux où l'on a vérifié l'absence de tout reste hypophysaire.

([1]) C. Aron et J. Marescaux, *C. R. Soc. Biol.*, 142, 1948, p. 1554.

([2]) C. Aron, J. Marescaux, A. Pétrovitch et J. P. Isaac, *C. R. Soc. Biol.*, 144, 1950, p. 1390.

([3]) C. Aron, A. Pétrovitch, J. Marescaux et J. P. Isaac, *C. R. Ass. Anat.*, n° 65, 1951, p. 111.

([4]) C. Aron, J. Marescaux et J. P. Isaac, *C. R. Soc. Biol.*, 144, 1950, p. 273.

([5]) M. Aron, C. Aron et J. Marescaux, *C. R. Ass. Anat.*, n° 53, 1948, p. 10.

([6]) T. Wurch, C. Aron et J. Marescaux, 1952, (sous presse).

([7]) C. Aron et J. Marescaux, *C. R. Soc. Biol.*, 142, 1948, p. 1009.

Dans les conditions où nous nous sommes placés, nous avons enregistré les résultats suivants en période positive :

1° L'hémicastration pratiquée avant l'hypophysectomie, dans les délais ci-dessus indiqués, provoque, dans les follicules primaires ou les follicules secondaires de faible diamètre, épargnés par l'hypophysectomie, une hyperactivité réactionnelle qui apparaît en de très brefs délais, dès la 12ᵉ heure suivant l'hémicastration. Elle revêt, d'un cas à l'autre, une intensité variable sans qu'il semble exister de rapport entre le degré de la stimulation folliculaire et le temps écoulé depuis l'hémi-ovariectomie.

2° L'hémicastration pratiquée immédiatement après l'hypophysectomie ne provoque aucune hyperactivité réactionnelle de l'ovaire restant.

En période négative évidemment nous n'avons pas observé d'hyperactivité réactionnelle de l'ovaire restant chez les animaux hémi-ovariectomisés avant l'aspiration de l'hypophyse.

Il ressort de nos résultats que pendant l'heure qui s'écoule entre l'ablation d'un ovaire et celle de l'hypophyse, une quantité d'hormone folliculostimulante, insuffisante pour assurer le maintien des follicules ovariques de grande taille, dans les délais de nos expériences, mais suffisante pour susciter la stimulation des petits follicules, est excrétée par la *pars distalis* de la préhypophyse. Il apparaît donc que la stimulation de l'activité gonodostimulante préhypophysaire, consécutive à l'hémi-ovariectomie unilatérale, est provoquée par un mécanisme réflexe plutôt que par un déséquilibre hormonal dont il est inconcevable qu'il puisse s'instituer en un aussi court délai.

Ces expériences apportent donc un argument supplémentaire en faveur du caractère réflexe, neuro-endocrinien, de l'hyperactivité réactionnelle et démontrent le rôle joué par la préhypophyse dans le déclenchement de ce phénomène.

BIOLOGIE. — *Polydactylie, polypodie et polymélie chez les têtards de* Rana esculenta *L.* Note (*) de M. **Jean Rostand**, présentée par M. Maurice Caullery.

Nous avons signalé, en 1949 (1), l'existence d'une polydactylie massive dans la population de Grenouilles vertes (*Rana esculenta* L.) qui habite l'étang de Trévignon, proche de Concarneau. Cette polydactylie, qui porte quelquefois jusqu'à neuf le nombre des doigts postérieurs et jusqu'à six le nombre des doigts antérieurs, ne se transmet pas directement à la descendance (2) : deux parents polydactyles ne produisent que des individus normaux, ce qui exclut

(*) Séance du 7 juillet 1952.

(1) *Comptes rendus*, **228**, 1949, p. 1666.

(2) A la différence de la polydactylie, ou du moins, de certaines polydactylies du Crapaud (*Comptes rendus*, **226**, 1949, p. 778.).

l'hypothèse d'une hérédité génique de type habituel, même comportant l'intervention de gènes multiples ([3]).

La proportion des grenouilles polydactyles est variable d'une année à l'autre; elle paraît décroître assez régulièrement depuis 1949 :

1949.........	37 individus polydactyles,	sur 256,	soit	14,4 %
1950.........	23 »	177,	»	12,9 »
1951.........	9 »	173,	»	5,2 »
1952.........	3 »	117,	»	2,5 »

J'ai pu, cette année, étudier un assez grand nombre de têtards provenant du même étang qui contient les polydactyles adultes, et j'ai relevé parmi eux une proportion de sujets anormaux qui dépasse de beaucoup celles qu'on trouve dans les populations d'adultes ([4]).

Sur 319 têtards ayant des membres postérieurs bien développés, 125 présentent une polydactylie allant de 6 à 10 doigts, soit près de 40 %.

En outre, la polydactylie constatée sur ces larves est extrêmement accentuée. Non seulement un bon nombre d'individus portent une dizaine de doigts à chaque patte, mais encore 34 larves (soit le quart, environ) montrent une hypertrophie remarquable des membres postérieurs. Ceux-ci sont épaissis, quelquefois œdématiés, au point de donner à l'animal un aspect et un mode de natation très caractéristiques. De surcroît, ils portent fréquemment des excroissances, qui sont autant d'ébauches de pieds ou de pattes supplémentaires. Certains têtards portent plusieurs de ces ébauches sur un même membre. Cette *polypodie*, ou cette *polymélie*, est généralement bilatérale, mais elle est quelquefois unilatérale.

Chez quelques larves plus jeunes, on constate un fractionnement du bourgeon du membre, qui produira deux ou trois pattes, au lieu d'une.

Chez les larves encore plus jeunes, on peut prévoir l'apparition de la polydactylie d'après la grosseur inusitée du bourgeon.

Ceux des têtards qui présentent la polydactylie et la polymélie au point maximum paraissent gênés par leur anomalie; il est possible que, dans la nature, ils ne parviennent pas à franchir la métamorphose, et, de toute façon, l'on peut penser que les adultes polypodes et polymèles périssent précocement. C'est sans doute la raison pour laquelle la polymélie est si exceptionnelle chez la Grenouille verte à l'état adulte, mais il est désormais certain que, dans cette espèce, elle peut accompagner la polydactylie, dont elle représente un degré plus accentué ([5]).

([3]) *Comptes rendus*, 231, 1950, p. 496. Depuis lors, j'ai fait reproduire plusieurs couples de polydactyles, et n'en ai obtenu qu'une descendance parfaitement normale quant au nombre des doigts.

([4]) Tous ces têtards m'ont été fournis par M. Bouxin, sous-directeur du Laboratoire de Biologie marine (Concarneau).

([5]) Chez le Crapaud ordinaire (*Bufo bufo* L.), j'ai obtenu un sujet polymèle dans un élevage de polydactyles (*C. R. Soc. de Biologie*, 143, 1949, p. 666). — D. W. Bishop

Sur l'origine de la polydactylie de la Grenouille verte, on ne saurait faire actuellement que des suppositions. Aucun facteur extérieur connu ne peut déterminer chez cet animal la production de doigts supplémentaires, et encore moins de pieds et de pattes ([6]).

La fréquence de la polydactylie chez les têtards de Trévignon me paraît, dans une certaine mesure, confirmer l'hypothèse que j'ai faite précédemment et d'après laquelle certaines femelles produiraient uniquement, ou en très grande abondance, des sujets polydactyles : on peut penser, en effet, que les têtards examinés, et qui avaient été tous pêchés au même endroit de l'étang, provenaient d'un nombre de pontes relativement réduit.

On ne peut d'ailleurs exclure, pour le moment, l'hypothèse d'un virus qui agirait électivement sur les ébauches des pattes, car le bourgeonnement extraordinaire et désordonné qui se manifeste chez certains individus évoque l'idée d'un processus morbide, analogue à ceux qui déterminent certaines néoplasies.

La polydactylie simple (sans polymélie) a été retrouvée chez des grenouilles vertes d'un étang situé à Champdieu (Loire).

1950..........	1 individu polydactyle	sur 70,	soit 1,4 %
1951..........	17 individus polydactyles	» 960,	» 1,7 »
1952..........	11 » »	» 238,	» 4,6 »

Il est à noter que, sur 220 grenouilles provenant d'un autre étang, situé à 1 km du premier, on n'a pas trouvé un seul sujet polydactyle.

La polydactylie des grenouilles de Champdieu paraît être sensiblement moins accusée que celle des grenouilles de Trévignon, son degré maximum portant à sept le nombre des doigts postérieurs et à cinq (par bifidité du pouce) celui des doigts antérieurs.

BIOLOGIE. — *Organisation submicroscopique des hématies contenant des hémoglobines anormales*. Note (*) de MM. **Dikran G. Dervichian**, **Gérard Fournet**, **André Guinier** et **Eric Ponder**, présentée par M. Jacques Tréfouël.

Des hématies anormales du point de vue morphologique, telles que celles en forme de faucille des sujets atteints d'anémie drépanocytaire ou celles en forme de cible des sujets atteints d'anémie méditerranéenne (Thalassémia major), ainsi que des hématies de fœtus humain (recueillies du cordon ombilical) ont été examinées par la méthode de diffusion des rayons X aux petits angles. Nous pouvons, ainsi ,comparer l'état d'ordre moléculaire

---

a observé, chez *Amblystoma tigrinum*, la polydactylie associée à la polymélie (*Journal of Heredity*, 38, 1947, p. 290).

([6]) J'ai même essayé d'élever des têtards de provenance normale dans de l'eau prélevée dans l'étang de Trévignon : les résultats ont, naturellement, été négatifs.

(*) Séance du 7 juillet 1952.

existant dans ces différentes cellules à celui qui existe, dans les mêmes conditions, dans les hématies de l'homme adulte normal. La technique utilisée a été décrite antérieurement ([1]).

Nous avons retrouvé dans le globule humain normal un arrangement des molécules d'hémoglobine semblable à celui qui avait été mis en évidence dans les hématies du Cheval ([1]). Dans les conditions de l'expérience, les hématies de l'anémie drépanocytaire se trouvent dans les conditions où elles prennent leur forme en faucille. Cependant, à titre de contrôle, des expériences ont été faites en additionnant à certains des échantillons de ces hématies une certaine quantité de métabisulfite de sodium. L'addition de cette substance maintient l'hémoglobine sous sa forme réduite.

De l'ensemble des résultats, provenant de l'examen de plusieurs échantillons correspondant à chaque type de sang, on peut tirer les conclusions suivantes. Dans le cas de l'anémie drépanocytaire, le degré d'ordre à petite distance dans l'hématie est certainement plus faible que dans l'hématie du sang normal. Par contre, dans le cas de l'anémie méditerranéenne, l'ordre est supérieur. Il l'est encore davantage dans le globule rouge du nouveau-né.

Nous avons incidemment constaté que les hématies normales acquéraient un fort degré d'organisation dans la répartition des molécules d'hémoglobine lorsque le sang était recueilli sur du citrate à 10 %. Tous les échantillons de sang étudiés ont, par conséquent, été prélevés sur de l'héparine, laquelle, dans les conditions usuelles, n'apporte pas de modifications.

Afin d'interpréter le résultat relatif à l'anémie drépanocytaire, des solutions d'hémoglobine anormale extraite de cellules falciformes ont été examinées par la diffusion des rayons X aux petits angles. Nous avons ainsi constaté que le rayon de giration de cette hémoglobine anormale était égal, à la précision des mesures près, au rayon de giration trouvé avec l'hémoglobine humaine normale. Dans les limites de la précision, on peut donc dire que la taille et la forme des molécules des deux hémoglobines sont les mêmes, selon toute vraisemblance.

Puisque le degré d'ordre à petite distance dans les globules falciformes est certainement inférieur à celui qui existe dans les globules rouges normaux, l'hypothèse émise par Perutz et Mitchison ([2]), suivant laquelle l'hémoglobine dans les globules falciformes serait dans un état plus cristallisé, se trouve écartée. On peut, d'ailleurs, invoquer un autre argument contre cette hypothèse. Si l'hémoglobine était cristallisée à l'intérieur de l'hématie, la diffusion aux petits angles serait partiellement remplacée par un diagramme comportant des raies. Cet argument est confirmé par

([1]) D. G. DERVICHIAN, G. FOURNET et A. GUINIER, *Comptes rendus*, **224**, 1949, p. 1848.

([2]) *Nature*, **166**, 1950, p. 677.

l'étude aux rayons X d'hématies de rat rendues paracristallines suivant la méthode décrite par l'un de nous ([3]). Les diagrammes que nous avons obtenus dans ce cas présentent des raies correspondant à deux espacements de 45 et 58 Å.

Il reste donc à expliquer la forme particulière, ainsi que la faible biréfringence ([4]) des hématies falciformes autrement que par un degré d'organisation plus grand de l'hémoglobine qu'elles contiennent. Il est naturel d'invoquer une ultrastructure de la région superficielle qui serait particulière aux hématies falciformes. On sait que les substances lipoïdiques, dont la concentration est grande à la périphérie du globule rouge, sont susceptibles de donner des structures orientées du type des figures myéliniques. Les particularités présentées par les cellules falciformes pourraient être mises sur le compte de certaines associations lipoprotéiques avec l'hémoglobine qui seraient différentes de celles qui existent dans l'hématie normale.

Cette conclusion est la même que celle à laquelle a été conduit l'un de nous ([5]) à la suite d'observations sur la transformation en faucilles de fragments d'hématies ou de fragments de stromas provenant de globules de malades atteints de l'anémie falciforme.

Une analyse plus complète des conditions expérimentales et des résultats de ce travail, ainsi qu'une discussion plus détaillée seront données dans une autre publication.

BIOLOGIE EXPÉRIMENTALE. — *Réactions sanguines après stimulation lumineuse intermittente.* Note de M. **Jacques Faure**, transmise par M. Henri Devaux.

La présente Note a pour but de montrer un aspect des effets de la lumière sous forme intermittente chez l'homme normal. Il a déjà été observé que ce stimulus élevait la résistance électrique de la peau du sujet normal. On sait aussi qu'il peut modifier les rythmes bioélectriques cérébraux, perturber les sensations nées dans la sphère visuelle et somatique et entraîner des états psychologiques spéciaux.

Parmi 200 sujets, *dépourvus de tare organique,* soumis à la stimulation lumineuse intermittente, un lot de 16 *adultes jeunes* a été choisi. Les éclairs étaient envoyés sur la rétine à des fréquences allant de 5 à 50 à la seconde. Chaque éclair durait 100 μs et avait une brillance de 1 sb. L'épreuve durait 20 mn à une demi-heure. La numération du nombre absolu des éosinophiles circulants

---

([3]) E. Ponder, *J. Gen. Physiol.*, **29**, 1945, p. 89.
([4]) I. J. Sherman, *Bull. Johns Hopkins Hosp.*, **67**, 1940, p. 309.
([5]) E. Ponder, *C. R. Soc. Biol.*, **145**, 1951, p. 1665.

avait lieu avant et après l'épreuve (deuxième et quatrième heure). Le pourcentage de baisse par rapport au nombre absolu initial n'était retenu que s'il atteignait ou dépassait 30 %. 144 mesures furent effectuées. Les écarts physiologiques *ont été vérifiés* en dehors des épreuves.

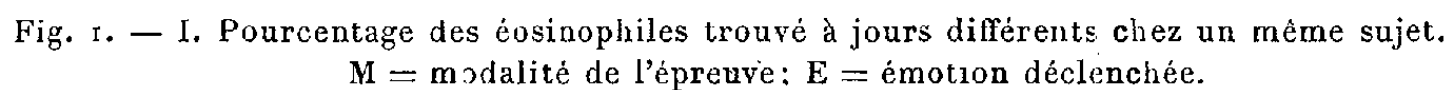


Fig. 1. — I. Pourcentage des éosinophiles trouvé à jours différents chez un même sujet. M = modalité de l'épreuve ; E = émotion déclenchée.

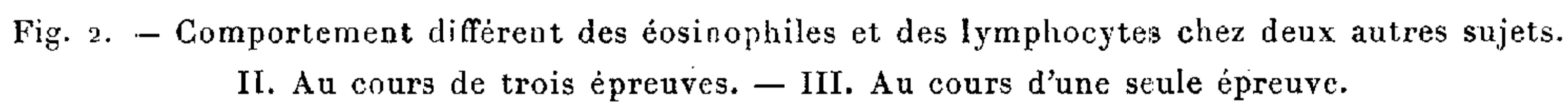


Fig. 2. — Comportement différent des éosinophiles et des lymphocytes chez deux autres sujets. II. Au cours de trois épreuves. — III. Au cours d'une seule épreuve.

La stimulation lumineuse intermittente isolée a été suivie d'une baisse moyenne de 34 % du nombre absolu initial des éosinophiles circulants, à la deuxième heure

et d'une baisse moyenne de 24 % à la quatrième heure, *pour l'ensemble* des 16 sujets.

D'autre part, 8 sujets, ayant réagi d'une manière particulière, furent examinés du *point de vue psychologique*. Il s'agissait d'hyperémotifs. Il furent étudiés *pendant sept mois*, par stimulation, soit isolée, soit associée au sel de sodium de l'acide $_5$éthyl-5 ($_1$-méthylbutyl) thiobarbiturique (245 RP ou nesdonal). Dans un but de *contrôle* le nesdonal fut administré seul, les mesures étant faites suivant le même protocole. Les réactions psycho-affectives furent appréciées suivant leur degré : $E_1 =$ émotion suivie d'apaisement complet; $E_2 =$ émotion suivie d'apaisement incomplet; $E_3 =$ émotion sans apaisement. Enfin, *le nombre absolu des lymphocytes circulants* fut établi en même temps que celui des éosinophiles lors des mêmes épreuves.

Pour l'ensemble des 8 hyperémotifs les chiffres moyens sont indiqués dans le tableau ci-dessous.

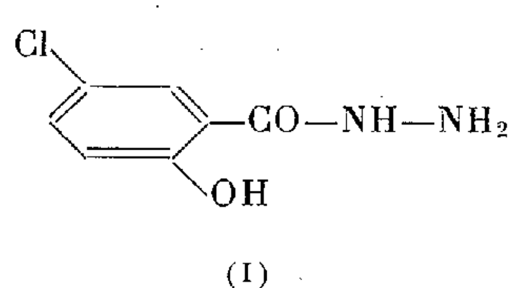
Stimulation lumineuse intermittente isolée (S)	Éosinophiles : chute	de 52 %	à la 2e heure
	Lymphocytes : chute	de 44 %	»
	Éosinophiles : chute	de 44 %	à la 4e heure
	Lymphocytes : chute	de 33 %	»
Nesdonal isolé (N)	Éosinophiles : chute	de 38 %	à la 2e heure
	Lymphocytes : chute	de 38 %	»
	Eosinophiles : chute	de 24 %	à la 4e heure
	Lymphocytes : chute	de 5 %	»
Stimulation lumineuse intermittente associée au nesdonal (S + N)	Éosinophiles : chute	de 32 %	à la 2e heure
	Lymphocytes : *hausse*	de 30 %	»
	Éosinophiles : chute	de 10 %	à la 4e heure
	Lymphocytes : chute	de 1 %	»

La baisse du nombre absolu des éosinophiles *était plus forte à la deuxième heure* qu'à la quatrième, après stimulation isolée. Les *hyperémotifs* avaient une diminution des éosinophiles *plus marquée* que les autres, l'écart moyen entre les deux groupes étant 22. Le nesdonal est apparu comme un facteur d'atténuation des effets du stimulus lumineux. *L'éosinopénie variait à chaque épreuve dans le même sens que l'intensité de l'émotion* et était influencée par les changements du mode de vie. Pendant sept mois *il n'y a pas eu d'accoutumance*. La faiblesse de l'éosinopénie à la quatrième heure concordait avec l'amélioration du comportement. Au contraire, les modalités de la réponse des lymphocytes n'ont permis d'établir aucune corrélation. Ainsi un stimulus lumineux peut exercer une influence complexe sur l'organisme. Des mécanismes *autres* que l'activation du système hypophyso-cortico-surrénal pourraient intervenir. Quoiqu'il en soit, cette étude apporte un nouvel exemple du rôle joué par la lumière dans les phénomènes de la vie.

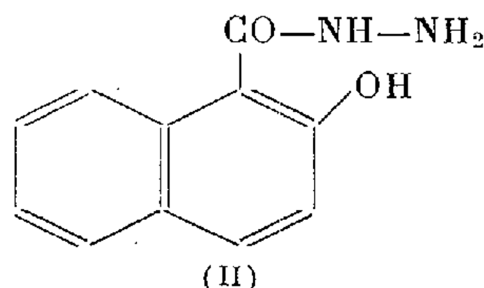
BIOCHIMIE. — *Sur le mécanisme d'action des hydrazides tuberculostatiques.* Note de MM. **N. P. Buu-Hoï**, **Ng Dat Xuong**, **Fernand Binon** et **Ng Hoang Nam**, présentée par M. Antoine Lacassagne.

Plusieurs faits rendent vraisemblable l'hypothèse selon laquelle les propriétés tuberculostatiques des hydrazides seraient liées à la faculté que possèdent ces corps de donner des complexes métalliques peu solubles, en particulier avec le cuivre; les hydrazides entreraient en compétition, pour la fixation du cuivre, avec des enzymes bactériens dont le fonctionnement exige la présence de cet oligoélément.

L'un de nous (1) a montré, dans une Note précédente, que les propriétés tuberculostatiques de l'isonicotinylhydrazine (rimifon, nydrazid, etc.) ne sont pas entièrement liées à l'existence du noyau pyridique et que, dans d'autres séries chimiques, on peut rencontrer des hydrazides ayant une activité notable. La poursuite des recherches dans cette direction a permis de détecter, en série aromatique, plusieurs hydrazides nouvelles, dont l'activité tuberculostatique *in vitro* est remarquable et peut encore être observée à des dilutions de 10 γ par centimètre cube de culture. C'est, par exemple, le cas de l'hydrazide de l'acide 5-chlorosalicylique [formule (I)] et de l'hydrazide de l'acide 2-hydroxy-1-naphtoïque [formule (II)] :



(I)



(II)

L'activité tuberculostatique *in vitro* semble d'ailleurs être une propriété assez répandue chez les hydrazides, car aux acides variés suivants, choisis au hasard dans différentes familles chimiques, correspondent des hydrazides d'activité tuberculostatique non négligeable (observable à des concentrations de 10^{-4}) :

acide laurique (série acyclique);

acide 2-furoïque (série furanique);

acide 2-méthyl-4-hydroxy-3-thénoïque (série thiophénique);

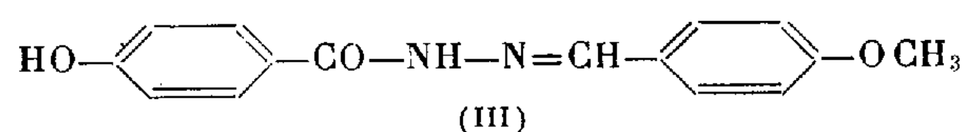
acide 5-bromosalicylique, acide phénylacétique, acide 2.4-dichlorophénoxyacétique, acide 3-iodo-4-hydroxybenzoïque, acide 3.5-dibromo-4-hydroxybenzoïque, acide 4-phénylbenzoïque (série benzénique);

acide β-naphtoxyacétique, acide 2-méthyl-1-naphtylacétique, acide

(1) N. P. Buu-Hoï, M. Welsch, G. Dechamps, H. Le Bihan, F. Binon et Ch. Mentzer. *Comptes rendus*, 234, 1952, p. 1925.

4-méthyl-1-naphtylacétique, acide β-naphtylacétique, acide 4-chloro-1-naphtylacétique, acide 4-bromo-1-naphtylacétique (série naphtalénique); acide 2-*p*-chlorophénylcinchoninique (série quinoléique).

Il est logique de penser qu'à cette généralité du phénomène doit correspondre un mécanisme d'action commun à tous ces corps. On pouvait supposer tout d'abord que les hydrazides interfèrent avec certains métabolismes du bacille tuberculeux en réagissant avec les groupements aldéhyde ou cétone de certains constituants essentiels de la substance bacillaire; cette hypothèse ne peut être retenue, car des hydrazones telles que la 4-hydroxybenzoylhydrazone de l'anisaldéhyde [formule (III)] sont encore plus actives que l'hydrazide de départ ([2]), malgré la disparition du groupe $—NH_2$ libre.



(III)

Une autre hypothèse de travail possible est que les hydrazides interfèrent avec le fonctionnement de certains systèmes enzymatiques indispensables à la vie du bacille tuberculeux. Dans cet ordre d'idées, nous avons constaté que toutes les hydrazides étudiées possèdent la propriété de fournir, avec les ions cuivre, des complexes de grande stabilité, insolubles ou très peu solubles dans l'eau ([3]); la réaction est assez spécifique, car ni le nickel ni le cobalt ne fournissent de précipités. L'existence de tels complexes permet d'émettre l'hypothèse que l'activité tuberculostatique des hydrazides pourrait provenir de la compétition avec certaines protéines bacillaires pour la fixation du cuivre à l'état de complexes organiques. On sait, en effet, que nombre de systèmes enzymatiques, tels que les polyphénoloxydases, renferment, comme constituant essentiel, des quantités notables de ce métal. Les hydrazides les plus tuberculostatiques seraient alors celles dont la structure moléculaire et les autres caractéristiques permettraient d'accéder le plus aisément aux systèmes cellulaires où s'opère la biogénèse de tels enzymes. Cette hypothèse du mode d'action est en accord avec les observations de certains botanistes selon lesquelles le rimifon aurait un effet inhibiteur sur la biosynthèse de la chlorophylle, dont on sait effectivement qu'elle requiert la présence de cuivre.

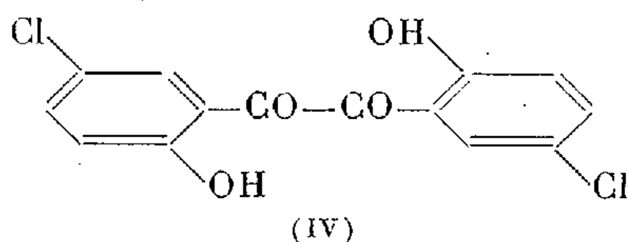
Le parallélisme entre l'activité tuberculostatique et le pouvoir complexant vis-à-vis des ions métalliques se retrouve également dans des familles de substances totalement différentes des hydrazides. C'est le cas, par exemple,

---

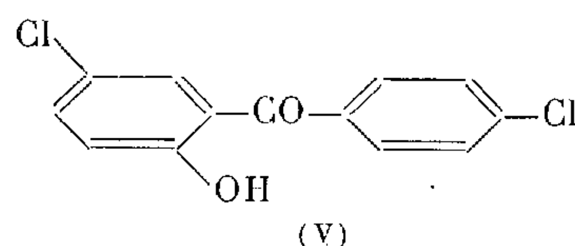
([2]) D'après H. Offe, W. Siefken et G. Domagk (*Naturwissenschaften*, 39, 1952, p. 118), la benzoylhydrazone de la benzaldéhyde est déjà très active.

([3]) Un complexe cuivrique avec la benzoylhydrazide avait déjà été signalé auparavant par Aggarwal, Darbari et Rây (*J. Chem. Soc.*, 1929, p. 1945).

du 5.5'-dichloro-2.2'-dihydroxybenzile (IV), substance complexante fortement tuberculostatique ([4]). C'est également le cas des *ortho*-hydroxybenzophénones halogénées du type de la 5.4'-dichloro-2-hydroxybenzophénone (V), sur lequel nous reviendrons dans un autre mémoire.



(IV)



(V)

Tout en se gardant de généralisations indues, on peut espérer que, dans le cadre de certaines familles chimiques précises, les présentes observations pourront fournir un fil conducteur valable pour la recherche de nouveaux tuberculostatiques.

CHIRURGIE. — *De l'influence du milieu sur la résistance mécanique des liens chirurgicaux.* Note (*) de Mlle **Édith Couillaud**, présentée par M. Robert Courrier.

Comparaison des résultats dans trois milieux. Influence des Bacilles.

Dans une précédente Note ([1]), nous avons exposé la méthode utilisée pour l'étude de l'influence du milieu et du temps sur la résistance mécanique des liens chirurgicaux et donné les résultats relatifs au sérum physiologique artificiel.

Nous donnons ci-dessous les résultats complémentaires relatifs aux cotons, lin, soie, tresse genre « nylon » et fibres animales dans le bouillon de culture stérilisé et dans le plasma sanguin par comparaison avec le sérum physiologique artificiel, en fonction du temps.

Des essais en milieu favorable au développement des bacilles, on peut déduire que les liens chirurgicaux se classent en deux catégories :

1° les liens se comportant de façon semblable dans ces trois milieux :

a. malgré la présence du B. Subtilis et de Sarcine dans le bouillon de culture et de B. Protéus dans le plasma, la tresse noire américaine conserve sensiblement la même résistance et le même allongement que dans le sérum physiologique;

b. la présence de B. Subtilis ne modifie pratiquement pas la résistance

([4]) N. P. Buu-Hoï, *Comptes rendus*, 221, 1945, p. 202; R. Kuhn *et alia*, *Ber deutsch. Chem. Ges.*, 85, 1952, p. 72.

(*) Séance du 21 juillet 1952.

([1]) *Comptes rendus*, 234, 1952, p. 2578.

et l'allongement de la soie blanche française qui restent les mêmes dans les trois milieux;

c. les cotons perlé et à repriser ne sont que très légèrement affectés par la variété des milieux et la présence de bacilles;

2° les fibres animales peu sensibles à la nature de ces milieux, mais très vulnérables par les bacilles.

Les catguts ordinaires, renforcés ou à résorption ralentie, malgré les dispersions notables des résultats en passant d'une éprouvette à l'autre, peuvent être considérés comme se comportant de façon semblable dans les trois milieux maintenus vierges de tout bacille.

Dans un cas où un bacille liquéfiant la gélatine (*B. Subtilis*), survenu comme impureté, a pu exercer son action sur ces fibres animales, la section amoindrie ou le changement de structure de la fibre a entraîné une chute de résistance considérable.

En vue de préciser ce point, nous avons soumis pendant cinq jours à l'action de cultures vivantes de Staphylocoque et de Streptocoque [2] deux éprouvettes de ces trois natures de fibres animales. Les résultats ont été les suivants :

La résistance du catgut ordinaire n° 1 passe de 3,5 à 2 kg environ et l'allongement de 20 à 15 %. L'une des deux fibres soumises aux essais a été un peu moins attaquée que l'autre.

Le catgut renforcé a été complètement détruit par ce traitement.

Le catgut à résorption ralentie a accusé une chute de résistance de 7 à 3,5 kg environ et l'allongement passe de 30 à 20 %.

3° Entre ces deux catégories se placerait le lin. Sa résistance mécanique est sensiblement la même dans les trois milieux, toutefois on relève un peu plus de dispersion dans les résultats relatifs au bouillon de culture microbien stérilisé et au plasma. Par contre. l'allongement à la rupture, qui augmentait de 100 % après 11 jours d'immersion dans le sérum physiologique, s'accroît de moins de 20 % dans les deux autres milieux.

La séance est levée à 15 h 35 m.

R. C.

([2]) Avec la collaboration du Docteur Beguet, Chef de Service à l'Institut Pasteur d'Algérie.

ACADÉMIE DES SCIENCES.

SÉANCE DU LUNDI 4 AOÛT 1952.

PRÉSIDENCE DE M. ERNEST ESCLANGON.

MÉMOIRES ET COMMUNICATIONS
DES MEMBRES ET DES CORRESPONDANTS DE L'ACADÉMIE.

M. le **PRÉSIDENT** souhaite la bienvenue à M. **LINUS PAULING**, Correspondant de l'Académie, Professeur à l'Institut de Technologie de Californie, qui assiste à la séance.

ÉCONOMIE RURALE. — *A propos de la fièvre aphteuse.* Note de M. **GASTON RAMON**.

Au début de cette année, nous avons présenté successivement devant l'Académie trois Notes dans lesquelles, après avoir émis des considérations épidémiologiques, virologiques et immunologiques sur la fièvre aphteuse (1) et après avoir envisagé la question des variétés de virus en cause dans l'épizootie en cours (2), nous aboutissions à des données pratiques concernant la lutte contre le fléau (3) qui venait de s'abattre sur l'Europe sans épargner notre pays.

D'ailleurs, depuis longtemps déjà, la fièvre aphteuse était l'objet de nos préoccupations. Après avoir résolu le problème de la prévention des toxi-infections, notamment de la diphtérie et du tétanos par les vaccinations au moyen des anatoxines spécifiques, nous devions nous intéresser à celui de la prophylaxie des maladies à ultra-virus et tout spécialement de la fièvre aphteuse. Nous tentions avec l'appui des conseils si éclairés et si autorisés de M. Leclainche, d'y intéresser les Pouvoirs publics. Nous écrivions par exemple en 1941 : « La fièvre aphteuse dont la dernière vague épizootique (de 1937-1938) a coûté 5 milliards à l'agriculture française risque, si elle s'étend à nouveau sur notre territoire, de réduire encore notre élevage déjà si appauvri.... Les Pouvoirs publics doivent se pencher sur les problèmes que posent avec plus d'acuité que jamais, en raison des

---

(1) *Comptes rendus*, 234, 1952, p. 777.
(2) *Comptes rendus*, 234, 1952, p. 1010.
(3) *Comptes rendus*, 234, 1952, p. 1106.

circonstances, les maladies épidémiques et épizootiques » ([4]). Durant l'année 1941, nous avions commencé avec des moyens de fortune à nous livrer à des études immunologiques sur la fièvre aphteuse dont nous avons fait connaître ici même les premiers résultats ([5]). Mais en raison du manque de moyens appropriés, du fait aussi des circonstances et de certains évènements survenus dans notre vie scientifique, nous dûmes abandonner nos recherches expérimentales en ce domaine.

Cependant, nous n'avons pas perdu de vue cette importante question de la lutte contre la fièvre aphteuse. Au cours de ces dernières années, nous avons prodigué nos avis à ce sujet dans diverses publications. Ayant en quelque sorte le pressentiment du déferlement proche d'une de ces épizooties qui périodiquement dévastent le cheptel, nous avons multiplié nos avertissements. Nous en appelions à la vigilance des autorités sanitaires vétérinaires : au printemps de l'année 1951, nous nous exprimions à ce sujet, en ces termes : « Bien que la situation ne soit pas jusqu'ici des plus alarmantes, elle exige néanmoins une grande attention. On doit considérer avec un soin particulier, disions-nous, d'une part les effets d'une vague épizootique qui s'est répandue en moins de trois mois, en Allemagne occidentale dans 112 arrondissements, frappant 612 exploitations (alors que six mois auparavant, il n'existait qu'un seul foyer) et qui en Belgique, en deux mois à peine, a créé 150 foyers, et d'autre part l'état endémique qui, malgré les moyens employés depuis des années (la vaccination principalement), persiste en France par exemple, et constitue un grave danger économiquement parlant... C'est pourquoi, il importe que soit étudiée, et sous tous ses aspects, l'importante et préoccupante question de la fièvre aphteuse et de sa recrudescence actuelle » ([6]). Quelques semaines plus tard commençait la grande épizootie aphteuse qui pendant de longs mois allait exercer ses ravages sur le bétail européen. Elle prenait, en effet, son départ en Allemagne au mois de juin 1951 et ainsi que nous l'avons montré dans notre première Note du début de la présente année, se répandait bientôt en Belgique, en Hollande, au Danemark pour atteindre la Suède, la Norvège, la France, l'Angleterre, etc.

Quelle est donc en ce qui concerne cette épizootie la situation actuelle, en Europe notamment ?

En *France*, la fièvre aphteuse existait depuis plusieurs années sous la forme sporadique ou enzootique, gagnant peu à peu, au cours de l'année 1951, un nombre plus grand de

([4]) G. Ramon, *Bull. Acad. Méd.*, 124, 1941, p. 495; *Bull. Acad. Vétér.*, 15, 1942, n° 1, p. 1

([5]) *Comptes rendus*, 215, 1942, p. 479.

([6]) G. Ramon, *Bull. Off. intern. des Épizooties*, 36, 1951, p. 14. *Voir* également : *Bull. Off. intern. des Épizooties*, 35, 1951, Mars-Avril, p. 109.

départements, ce nombre passant de 31 à la fin de mai avec 204 exploitations infectées à 63, fin décembre, et 3900 exploitations atteintes. Rapidement, au cours des premiers mois de 1952, la fièvre aphteuse va revêtir la forme épizootique : 82 départements envahis et 9150 exploitations touchées au 15 février. A partir de ce moment, la fièvre aphteuse poursuit d'une manière accélérée sa marche envahissante et au 15 juillet dernier, la totalité des départements, à une exception près, sont atteints plus ou moins, par la maladie : 13273 communes (le 1/3 des communes de France) avec 132914 exploitations sont déclarées en état d'infection aphteuse et au 31 juillet 195 000 exploitations et 14 000 communes. Dès maintenant, ce nombre dépasse notablement le chiffre le plus élevé, soit 121 711 exploitations infectées, enregistré lors de l'épizootie de 1937-1938, épizootie qui a coûté, rappelons-le, cinq milliards de francs de l'époque, c'est-à-dire environ 150 milliards de notre monnaie actuelle. C'est dire la gravité de l'épizootie qui sévit actuellement en France, gravité que nous avions prévue et que nous dénoncions déjà dans nos Notes présentées devant votre Compagnie en février et mars dernier. Elle coûtera certainement bien plus que l'épizootie de 1937-1938.

En *Allemagne*, l'épizootie qui s'est déclenchée au mois de juin 1951, se faisant sentir surtout à partir du mois d'août suivant (4 000 exploitations infectées), a atteint son point culminant à la fin d'octobre avec 50 000 exploitations infectées; elle a beaucoup diminué d'intensité depuis lors, puisque, au mois de juin 1952, on ne comptait que 1 500 exploitations encore atteintes; aux dernières nouvelles, il paraît exister en Allemagne un accroissement sensible des foyers (2 500) qu'il importe de surveiller de près.

En *Belgique*, l'épizootie a été particulièrement violente, puisqu'on notait 13 000 foyers au 30 novembre 1951; elle est maintenant en très forte régression : il y a deux semaines on signalait seulement 154 foyers.

La *Hollande*, sévèrement touchée, elle aussi, par l'épizootie à la fin de l'année 1951, n'avait plus dans la semaine du 13 au 20 juillet 1952 que quelques foyers nouvellement éclos.

De même, au *Danemark*, où l'épizootie atteignit son apogée dans la semaine du 5 au 11 décembre 1951, avec 3 000 foyers déclarés, il n'a été notifié durant le mois dernier que 14 foyers.

En *Grande-Bretagne*, la fièvre aphteuse a fait son apparition en novembre 1951, apportée du Continent. Grâce à la politique sanitaire toujours suivie en pareille matière, les foyers deviennent de moins en moins nombreux au cours des dernières quinzaines : 100 du 16 au 31 mai, 63 du 1er au 15 juin, 43 du 16 au 30 juin, 29 du 1er au 15 juillet.

La *Norvège*, n'a connu en tout et pour tout, en décembre 1951 et janvier 1952, que 4 foyers rapidement éteints par des mesures adéquates, parmi lesquelles l'abattage des animaux malades ou contaminés.

En *Suède*, l'épizootie s'annonçait comme devant être très sévère en raison des sources de contamination provenant principalement du Danemark. En fait, l'épizootie qui a commencé à la fin de septembre était totalement et complètement maîtrisée à la mi-mars 1952.

La *Suisse* a droit à une mention toute particulière. Grâce aux initiatives et à la diligence de ses Services vétérinaires que dirige le professeur Flückiger (que l'Académie a élu récemment Membre correspondant), ce pays a pu être protégé contre l'envahissement par le fléau alors que tous les pays circumvoisins ont subi son invasion. Sans doute des foyers s'y déclarent-ils de temps à autre; comment en serait-il autrement lorsque la fièvre aphteuse sévit violemment aux portes mêmes de la Suisse, par exemple en ce moment dans le Jura français. La Suisse n'en a que plus de mérite à réduire chaque fois ces foyers et à échapper ainsi à l'épizootie qui fait rage autour d'elle.

Il faut ajouter que l'*Irlande*, que la *Finlande*, qui ont eu recours à des mesures adéquates de protection, sont jusqu'ici indemnes de fièvre aphteuse.

On sait qu'à la fin de février dernier, plusieurs foyers de fièvre aphteuse ont été découverts au *Canada*, au voisinage de la frontière des *État-Unis*. Ces foyers ont été rapidement éteints et depuis le 1er mai aucun nouveau foyer n'a été signalé. Les États-Unis ont de leur côté fait tout le nécessaire pour demeurer hors d'atteinte de la maladie; ils y ont réussi. Déjà ils y avaient échappé lorsque le Mexique, il y a quelques années, avait subi une grave épizootie.

Il convient de tirer dès maintenant pour le proche et le lointain avenir la leçon, sans doute payée très cher par certains pays, de cette épizootie.

Tout d'abord par quels moyens les pays tels que la Norvège, la Grande-Bretagne, la Suède, la Suisse, etc. auxquels il faut ajouter le Canada, ont-ils pu empêcher jusqu'ici chez eux, le développement de l'épizootie qui dans d'autres nations telles que l'Allemagne, la Belgique et surtout la France, a pris une si grande extension, entraînant chez nous une catastrophe économique ? C'est par la mise en œuvre stricte d'un *système* de lutte contre la fièvre aphteuse que les pays précités ont pu éviter l'envahissement de leur cheptel par la maladie qui y avait fait son apparition. Ce système, rappelons-le une fois encore (7) consiste, dans ses grandes lignes :

1° *A prendre des mesures sanitaires de précaution* : interdiction d'importation d'animaux, de produits d'origine animale ou de denrées fourragères en provenance de pays même lointains où sévit la fièvre aphteuse, institution d'une quarantaine, etc.

2° *A déclarer* sans retard aux autorités qualifiées les cas de fièvre aphteuse confirmés ou suspects.

3° *A abattre* sans délai, dès le diagnostic posé, les animaux (bovins, ovins, porcs) des exploitations infectées comprises dans le ou les foyers de fièvre aphteuse décelés. L'abattage permet d'éteindre le foyer, d'empêcher la multiplication du virus et d'éviter l'apparition des variantes.

4° *A désinfecter* et à plusieurs reprises les exploitations contaminées ou seulement menacées (8).

5° *A user de mesures restrictives* à l'égard du mouvement des personnes et de la circulation des animaux domestiques sensibles ou non à la fièvre aphteuse, du trafic des produits animaux dans les zones infectées ou présumées telles et de ces zones vers des zones non infectées.

6° *A contrôler* sévèrement le transport des animaux par chemin de fer, camion, etc.

7° *A interdire* les marchés, foires, expositions de bétail.

Il va sans dire que c'est le plus tôt possible, dès la constatation du

(7) *Voir* notamment G. Ramon, *Comptes rendus*, **234**, 1952, p. 1106. *Bull. Off. Internat. des épizooties*, **37**, 1952, p. 102.

(8) G. Ramon, *Bull. Off. internat. des épizooties*, **37**, 1952, n° **3-4**, p. 122.

premier ou des tout premiers cas de fièvre aphteuse, que l'on doit appliquer un tel système.

Il peut sembler aux esprits non avertis que les mesures sanitaires que nous venons d'énumérer et en particulier l'abattage des animaux malades et contaminés sont très coûteuses. Tout compte fait, elles sont infiniment moins onéreuses pour les éleveurs et pour les États que les dommages occasionnés par l'épizootie sévissant dans toute sa vigueur. Que coûtera par exemple à la France l'épizootie présente ? certainement beaucoup plus de 100 milliards. Qu'eut coûté au Canada et aux États-Unis, une épizootie analogue à celle qui règne, depuis un an, en Europe ? Probablement des centaines et des centaines de millions de dollars alors qu'il a suffi de quelques millions de dollars pour payer les frais des mesures prises et notamment les frais de « stamping out » des trois ou quatre milliers d'animaux existant dans les foyers canadiens.

Le système de lutte contre la fièvre aphteuse qui repose sur l'application stricte des règlements sanitaires peut être complété dans certaines circonstances par la *vaccination*. Cependant, dans *l'état actuel de nos connaissances*, la vaccination aphteuse ne peut servir que d'appoint. Telle qu'elle est effectuée et en mettant les choses au mieux, elle ne procure qu'une immunité relativement faible, peu durable, qui peut être mise en défaut à chaque instant par l'apparition d'une variété nouvelle de virus, par exemple. On doit l'avouer, depuis 1945 et pendant plusieurs années, la vaccination aphteuse pratiquée, soit avec du vaccin de provenance étrangère soit avec du vaccin d'origine française, n'a pu mettre un terme à l'endémie aphteuse pourtant bénigne qui jusqu'à l'automne dernier existait en France et, *a fortiori*, elle n'a pu s'opposer à la forte vague épizootique qui à partir du printemps de cette année a totalement submergé la totalité du territoire français. De plus comme l'a reconnu le Chef des Services Vétérinaires de notre pays : la propagation de l'épizootie a été trop souvent favorisée par la confiance inconsidérée accordée à la vaccination au détriment de la prophylaxie sanitaire (9).

Est-ce à dire que la vaccination aphteuse ne peut être améliorée dans sa technique comme dans ses résultats et ne peut rendre ainsi de grands services ? Loin de nous une telle pensée. Déjà nous avons fait certaines suggestions à cet égard (10) en nous appuyant sur les données acquises en d'autres domaines par exemple dans celui de la vaccination contre la diphtérie, maladie très contagieuse et épidémique, qui sous l'influence de cette vaccination, tend à disparaître : la mortalité diphtérique jadis très

---

(9) *Bull. Off. internat. des épizooties*, n° 7-8, 1952 (sous presse).
(10) *Comptes rendus*, 234, 1952, p. 1106.

élevée (malgré la sérothérapie) est pratiquement réduite à néant dans des villes comme New-York, Chicago, Toronto, Paris, Copenhague, etc.

Toutefois l'amélioration de la vaccination, le perfectionnement des méthodes permettant de combattre avec efficacité un fléau tel que la fièvre aphteuse supposent l'organisation de la Recherche vétérinaire et tout spécialement de celle consacrée aux maladies infectieuses et épidémiques des animaux. A différentes reprises nous avons, M. Leclainche et moi-même, réclamé mais en vain, une organisation de la Recherche vétérinaire, véritablement digne de ce nom. Elle existe dans de nombreux pays. La France sera-t-elle la dernière à la posséder et à s'en servir au mieux de ses intérêts ([11]) ?

Ainsi, la fièvre aphteuse soulève donc, avec une urgence et une exigence plus grandes que jamais, des problèmes de la plus haute importance pour notre pays, pour son économie rurale et pour son économie en général. L'Académie des Sciences se doit d'y porter intérêt.

CORRESPONDANCE.

M. le **Secrétaire perpétuel** signale parmi les pièces imprimées de la Correspondance :

1° Biblioteca scientifica Cartiere Burgo. Vol. III. *Il genere populus e la sua importanza nella selvicoltura*, par G. Houtzagers. Traduction en langue italienne par L. Fenaroli.

2° *Il Pioppo. Norme pratiche di coltivazione*, par G. Piccarolo.

3° *Revue du Ver à soie* (*Bombyx mori* L.). Organe scientifique, technique et économique de la Commission permanente des Congrès séricicoles internationaux. Volume I, Tomes 1, 2; Volume II, Tomes 1, 3; Volume III, Tomes 1, 4, supplément; Volume IV, Tome 1.

HYDRAULIQUE. — *Méthode analytique de calcul des chambres d'équilibre déversantes.* Note (*) de M. **Léopold Escande**, transmise par M. Charles Camichel.

Formules donnant, avec une approximation convenable dans le sens de la sécurité, les caractéristiques essentielles du fonctionnement d'une cheminée d'équilibre déversante.

([11]) Indiquons que tout récemment les États-Unis conscients du danger que leur fait courir la fièvre aphteuse sévissant parfois à leurs frontières mêmes (Mexique, Canada) viennent de décider la création dans une île, l'île de Plum, à l'extrême Est de Long Island, d'un Institut ayant pour objet l'étude de cette maladie et des moyens à employer pour se prémunir contre elle; un premier crédit de dix millions de dollars a été affecté à cette fondation, soit près de quatre milliards de francs.

(*) Séance du 28 juillet 1952.

Le calcul analytique des chambres d'équilibre déversantes ne peut être effectué de façon rigoureuse, les équations n'étant pas intégrables.

On est donc conduit à résoudre le problème au moyen de méthodes de calcul aux différences finies ou de constructions graphiques, dont la mise en œuvre nécessite une durée assez longue.

Nous indiquons, dans cette Note, une méthode analytique basée sur une hypothèse simplificatrice, qui conduit à une solution correspondant à une faible erreur relative, dans le sens de la sécurité.

Considérons, par exemple, le cas d'un arrêt instantané du débit Q_0 absorbé par les turbines dans le régime permanent initial.

1. Soit A la cote du seuil déversant au-dessus du niveau statique et $a = A/Z_*$, sa valeur relative.

La vitesse v caractérisant la montée du plan d'eau prend, au moment où celui-ci atteint le seuil déversant, une valeur v_1 donnée par la théorie classique

$$v_1^2 = \frac{1}{2(p_0+r_0)^2}\left\{1 - 2(p_0+r_0)a - [1 - 2(p_0+r_0)r_0]\,e^{-2(p_0+r_0)(p_0+a)}\right\},$$

avec les notations habituelles, et en considérant, pour plus de généralité, le cas où la cheminée est munie d'un étranglement inférieur.

Le débit qui arrive, à cet instant, dans la chambre d'équilibre, est

$$Q_1 = f W_1 = f w_1 W_0 = w_1 Q_0 = v_1 Q_0.$$

2. Z devient supérieur à A et le déversement commence. Notre méthode de calcul consiste à admettre que, pendant toute la durée du déversement, la contre pression Z reste égale à sa valeur moyenne $A + 0{,}5h_1$ (en appelant h_1 la charge nécessaire au déversement du débit Q_1) et à négliger l'accumulation positive ou négative dans la chambre d'équilibre.

On part des équations

$$\frac{L}{g}\frac{dW}{dt} + (A + 0{,}5h_1) + P + R = 0,$$

$$P + R = \lambda W^2 \qquad \left(\text{avec } \lambda = \frac{P_0 + R_0}{W_0^2}\right).$$

On en déduit, en prenant comme nouvelle origine du temps le début du déversement

$$(1) \qquad t = \frac{L}{g\sqrt{(A+0{,}5h_1)\lambda}}\left[\operatorname{arc\,tg} W_1\sqrt{\frac{\lambda}{(A+0{,}5h_1)}} - \operatorname{arc\,tg} W\sqrt{\frac{\lambda}{(A+0{,}5h_1)}}\right],$$

$$(2) \qquad W = \sqrt{\frac{(A+0{,}5h_1)}{\lambda}}\;\frac{W_1\sqrt{\dfrac{\lambda}{(A+0{,}5h_1)}} - \operatorname{tg}\left(\dfrac{g\sqrt{(A+0{,}5h_1)\lambda}}{L}\,t\right)}{1 + W_1\sqrt{\dfrac{\lambda}{(A+0{,}5h_1)}}\operatorname{tg}\left(\dfrac{g\sqrt{(A+0{,}5h_1)\lambda}}{L}\,t\right)},$$

et, par suite, le débit déversant

$$Q_d = fW. \tag{3}$$

Le déversement s'arrête à l'instant

$$t_2 = \frac{L}{g\sqrt{(A+0,5h_1)\lambda}} \operatorname{arc\,tg} W_1 \sqrt{\frac{\lambda}{(A+0,5h_1)}}. \tag{4}$$

Le volume total Ω de l'eau déversée est donné par l'expression

$$\Omega = \int_0^{t_2} Q_d\, dt. \tag{5}$$

L'intégration, effectuée en tenant compte des relations (3), (2), (4), donne l'expression finale de Ω :

$$\Omega = \frac{W_0^2}{2g}\frac{fL}{P_0+R_0}\operatorname{Log}\left[1+\frac{P_0+R_0}{(A+0,5h_1)}\frac{W_1^2}{W_0^2}\right]. \tag{6}$$

3. Nous avons appliqué cette méthode au calcul des cheminées d'équilibre à étranglement de VRLA IV et de JAJCE II en Yougoslavie, avec les données suivantes :

	Q_0 (m³/s).	F (m²).	L (m).	F (m²).	A (m).	P_0 (m).	R_0 (m).
VRLA IV......	16	5,92	3700	12,5	2	6,40	15
JAJCE II......	76,5	23,76	2804	190	2,70	4,50	16,35

et nous avons comparé les résultats à ceux que donne la méthode graphique. Nous avons obtenu ainsi les valeurs suivantes du débit déversant maximum, en mètres cubes par seconde, du volume déversé Ω en mètres cubes et de la durée totale du déversement t_2, en secondes :

		Méthode analytique.	Méthode graphique.	Erreur (%).
VRLA IV.	$Q_{d\,max}$..........	14,10	13,68	3
	t_2..............	174	179	−2,84
	Ω..............	796	796	0
JAJCE II.	$Q_{d\,max}$..........	51,6	47	9,3
	t_2..............	120	125	−4,08
	Ω..............	2360	2360	0

Conclusion. — Les formules proposées permettent de calculer directement tous les éléments intéressant le fonctionnement d'une chambre déversante, avec des erreurs très faibles, pratiquement négligeables.

HYDRAULIQUE. — *Méthode graphique pour le calcul des ondes de translation dans les canaux découverts.* Note (*) de M. **Jean Nougaro**, transmise par M. Charles Camichel.

Exposé d'une méthode graphique utilisée pour prévoir la surélévation du plan d'eau consécutive au passage d'une intumescence : cette méthode substitue des caractéristiques courbes aux caractéristiques rectilignes classiques de Bergeron.

La méthode graphique mise au point par Bergeron pour l'étude des coups de bélier dans les conduites forcées, a été appliquée par lui, à l'étude des régimes rapidement variables dans les canaux. Ces régimes se caractérisent par la formation d'une onde de translation qui se propage dans le canal avec une célérité a. Si la hauteur h de l'onde est faible vis-à-vis de la profondeur initiale H_0, et la vitesse moyenne U_0 du courant liquide négligeable devant a, la célérité peut être déterminée par l'expression

$$a = \sqrt{gH_0}.$$

Des expériences récentes, que nous avons réalisées dans plusieurs canaux des laboratoires d'Hydraulique de Toulouse et dans quatre canaux d'usine hydroélectriques, ont montré que l'on pouvait adopter, pour la valeur de a, l'expression

$$a = \sqrt{gH},$$

en appelant H la profondeur totale de l'eau immédiatement après le passage de la perturbation.

Lorsque l'onde se greffe sur un courant liquide, la célérité absolue devient

$$c = a \pm U,$$

suivant que l'onde suit ou non le même sens que le courant : U est la vitesse moyenne en supposant que le débit maximum Q_0 intéresse la section mouillée S correspondant à la profondeur H.

Le coefficient angulaire $\operatorname{tg}\gamma = \pm a/gS$ des droites caractéristiques Φ et φ de la méthode de Bergeron n'est donc pas une constante, mais varie, au contraire, avec la profondeur H.

Il est donc possible, dans un plan de coordonnées (h, q) de remplacer ces droites caractéristiques par des courbes caractéristiques définies en chaque point par la pente de leur tangente :

$$\frac{dH}{dq} = \pm \frac{a \pm U}{gS}.$$

(*) Séance du 21 juillet 1952.

Si l'on considère le cas de propagation sur un plan d'eau immobile ($U = 0$), l'équation des courbes caractéristiques Φ_c et φ_c s'écrit

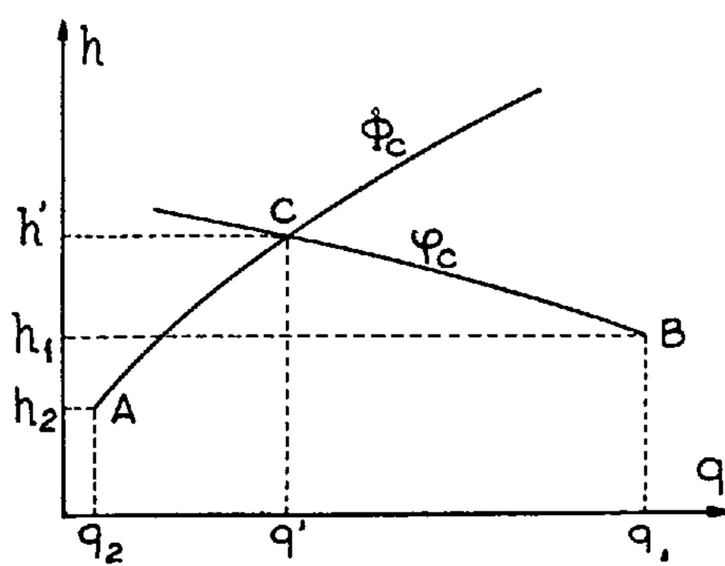
$$q + q' = \pm \frac{2}{3} l H \sqrt{gH},$$

l étant la largeur du canal.

Dans le cas le plus général où l'eau est animée d'une certaine vitesse $U = Q_0/lH$, ces équations deviennent

$$q + q' = \frac{2}{3} l H \sqrt{gH} + \frac{2}{3} Q_0 \operatorname{Log}\left[H\sqrt{H} - \frac{Q_0}{l\sqrt{g}} \right],$$

$$q + q' = -\frac{2}{3} l H \sqrt{gH} + \frac{2}{3} Q_0 \operatorname{Log}\left[H\sqrt{H} + \frac{Q_0}{l\sqrt{g}} \right].$$



Le procédé d'utilisation sur une épure est identique à celui qui est utilisé pour les caractéristiques rectilignes (*figure*).

Les conditions de fonctionnement, en un point C, résultant de la rencontre de deux ondes élémentaires provenant l'une d'un point A d'amont, l'autre d'un point B d'aval, s'obtiennent par intersection des courbes Φ_c et φ_c issues de A et B. La constante d'intégration q' est implicitement déterminée, car la forme des équations autorise toute translation des courbes caractéristiques parallèlement à l'axe des débits. On peut remarquer que l'instant de rencontre de deux ondes provenant l'une d'aval, l'autre d'amont, de vitesses respectives $\sqrt{gH} - U$ et $\sqrt{gH} + U$, est le même que si ces vitesses étaient en valeurs absolues égales à $\sqrt{gH}$. La détermination du temps s'effectue donc suivant la méthode classique.

On peut tenir compte des pertes de charge en supposant que celles-ci sont concentrées en des diaphragmes disposés le long du canal.

De même, en ce qui concerne la pente du fond, on lui substitue plusieurs décrochements Δz, chacun d'eux introduisant une variation de hauteur d'eau ΔH :

$$\Delta H = \frac{gH}{gH - U^2} \Delta z.$$

On peut également traduire très facilement sur les épures les conditions particulières imposées par une bifurcation, une vanne qui obstrue une partie du canal, un bassin de grande largeur ou un changement de section.

AÉRODYNAMIQUE. — *Pertes de charge à travers une colonne de sphères.* Note (*) de Mlle **Anne-Marie Saulgeot**, transmise par M. Joseph Pérès.

Nous avons étudié la perte de charge ΔP éprouvée par un courant d'air de débit Q passant à travers un cylindre de section A rempli de billes identiques, dont les diamètres ont varié, dans nos expériences, entre 1,6 et 8,5 mm.

Un raisonnement géométrique classique montre que la présence des billes limite la section effective laissée au passage de l'air sensiblement au quart de la section A du cylindre.

Nous avons trouvé, entre la perte de charge ΔP dans le cylindre, la vitesse effective $V = 4Q/A$, la hauteur l de la colonne de billes et le diamètre D de celles-ci une relation que nous pouvons traduire par une expression de la forme

$$\Delta P = klV^{\alpha} D^{-\beta}.$$

Les valeurs trouvées pour α et β sont données par les tableaux ci-dessous :

V (cm/s)........	120	200	280	360	448
β..............	1,65	1,64	1,60	1,57	1,55

et

D (mm).........	1,6	2,4	4,4	6	8,5
α..............	1,40	1,50	1,55	1,75	1,80

Ces résultats se laissent aisément interpréter.

Admettons qu'en raison de la régularité du milieu, l'écoulement gazeux exerce sur chaque sphère la même force f.

Si la colonne comporte N sphères de maître couple S, la force totale sur les N sphères, Nf est égale à la force de pression $A\,\Delta P$ du courant gazeux.

Posons $f = (1/2)\rho SV^2 C_x$, C_x étant une fonction du nombre de Reynolds que nous admettons, par analogie avec ce qui se passe pour la sphère isolée dans un courant, constante aux grands nombres de Reynolds et équivalente à ν/VD aux faibles valeurs de ce nombre.

Nous pouvons écrire la *formule des surpressions*

$$A\,\Delta P = \frac{1}{2} N\rho SV^2 f\left(\frac{VD}{\nu}\right),$$

ce qui permet d'interpréter tous nos résultats expérimentaux.

1° *Loi des longueurs.* — C'est le nombre N de sphères, et non leur répar-

(*) Séance du 28 juillet 1952.

tition qui joue le rôle principal au point de vue de la perte de charge. Cela est bien confirmé par nos résultats expérimentaux.

2° *Loi des vitesses.* — La formule de la surpression montre que :

a. aux grands nombres de Reynolds, où $f(VD/\nu) = \text{const.}$, ΔP varie comme V^2;

b. aux petits nombres de Reynolds, où $f(VD/\nu) = \nu/VD$, ΔP varie comme V.

Or nous avons trouvé

$$\Delta P = KV^\alpha, \qquad \text{avec} \quad 1 < \alpha < 2.$$

De plus α croît régulièrement avec le diamètre des sphères, donc avec le nombre de Reynolds.

Nos résultats expérimentaux se placent donc bien dans le cadre de la théorie.

3° *Loi des diamètres.* — Le nombre N des sphères contenues dans un cylindre donné est inversement proportionnel à leur volume, donc varie comme D^{-3}. Leur section S varie comme D^2. La formule de la surpression

$$A\,\Delta\rho = \frac{1}{2} N\rho SV^2 f\left(\frac{VD}{\nu}\right)$$

nous montre que :

a. aux grands nombres de Reynolds où $f(VD/\nu) = \text{const.}$, ΔP varie comme $1/D$;

b. aux faibles nombres, où $f(VD/\nu) = \nu/VD$, ΔP varie comme $1/D^2$. (Nous retrouvons ici un résultat classique dans la théorie des milieux filtrants).

Dans le cas de nos experiences, $\Delta\rho = kD^{-\beta}$ avec $1 < \beta < 2$; β diminue à mesure que la vitesse, donc aussi le nombre de Reynolds, augmente. Ici encore, nos résultats sont bien encadrés par les cas limites de la théorie.

4° *Forme de la fonction* $f(VD/\nu)$. — Nous avons tracé, pour des billes de diamètres différents, la courbe $(2A\,\Delta P/\rho NSV^2) = f(VD/\nu)$ pour des valeurs du nombre de Reynolds allant de 140 à 3000.

Or, d'une part :

a. la courbe est sensiblement la même pour toutes les billes;

b. d'autre part, elle a la même allure que la courbe classique du coefficient de résistance C_x de la sphère en fonction du nombre de Reynolds.

5° La formule de la surpression peut être soumise au contrôle numérique; aux nombres de Reynolds de l'ordre de 2000 à 3000, le C_x d'une sphère isolée est à peu près égal à 0,5. Or pour une colonne de 80 billes de 8,5 mm de diamètre contenues dans un cylindre de section droite $A = 7\ \text{cm}^2$ on trouve :

pour $V = 530$ cm/s :
ΔP calculé : 5,6 mm; ΔP mesuré : 7,0 mm.

Aux nombres de Reynolds plus faibles, la valeur trouvée pour ΔP semble supérieure (d'un tiers environ) à la valeur calculée à partir du coefficient de

résistance d'une sphère isolée correspondant au même nombre de Reynolds. L'empilement des sphères, s'opposant à la constitution de sillages, donne la part prépondérante aux effets de viscosité dans les couches limites.

AÉRODYNAMIQUE. — *Sur les moments de roulis et de giration de quelques ailes d'avion munies de gouvernes à arêtes vives*. Note de MM. **Jean Chaffois**, **André Fauquet** et **André Martinot-Lagarde**, transmise par M. Joseph Pérès.

1. En application de la théorie des surfaces portantes de Prandtl et des analogies rhéoélectriques, J. Pérès et L. Malavard ([1]) ont construit des tables qui permettent de calculer la portance et la traînée induite des éléments d'envergure d'une aile, à condition de connaître pour le profil de chaque élément sa corde, le calage α de son axe de portance nulle, et le taux de variation de son coefficient de portance C_z en allongement infini, soit $m=(dC_z/di)_\infty$.

Ces tables ont été souvent utilisées, sur des ailes comportant des gouvernes de forme en général relativement continues, pour calculer leur résistance de structure en fonction de l'incidence i et des braquages des gouvernes.

2. Notre but a été d'étudier à l'aide des tables Pérès-Malavard quelques ailes comportant des *spoilers*, petites plaques parallèles à l'envergure et à peu près normales à la surface de l'aile : nous avons comparé avec les résultats expérimentaux, non seulement la portance et la traînée, mais les moments de roulis et de giration, pour savoir si la méthode Pérès-Malavard permet de prévoir l'efficacité des *spoilers* en tant que gouvernes.

3. L'étude a porté sur des ailes rectangulaires ayant le même profil de base, pour un certain nombre de répartitions-types de spoilers. Les essais ont été faits avec l'allongement 5, sans panneaux ni joues, au nombre de Reynolds

$$\mathcal{R}=\frac{ua}{\nu}\simeq 10^6.$$

Le profil de base utilisé ([2]) a été le profil américain N. A. C. A. 23012, avec une corde $a=0,3$ m; les spoilers choisis étaient normaux à la corde de référence, à $0,2\,a$ du bord de fuite, avec une hauteur $h=0,05\,a$.

4. Les essais préliminaires pour déterminer les données en allongement infini ont été exécutés sur une aile A ayant le profil de base pur, et sur une aile B portant de plus sur son dos un spoiler tout le long de l'envergure. Les essais de vérification ont été faits avec 4 ailes, C, D, E, F représentées schématiquement vues de l'arrière sur la figure.

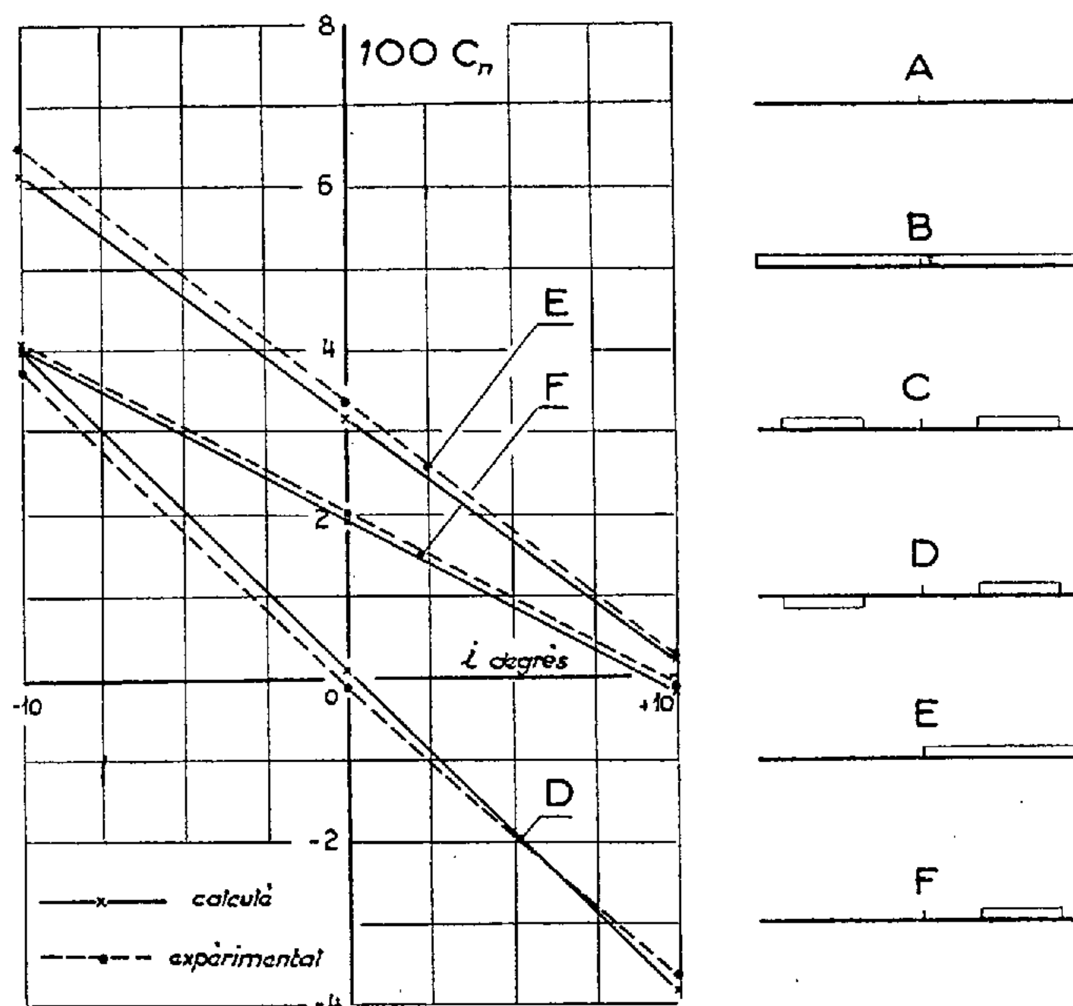
Grâce aux valeurs de α et de m tirées de A et B, on a calculé pour C, D, E,

([1]) *Rapport Technique G. R. A.*, n° 9, Clermont-Ferrand, 1943.

([2]) *Rapport Technique N. A. C. A.*, n° 537, Washington, 1935.

F, selon la méthode d'approximations successives par différences de Pérès-Malavard, la portance, le moment de roulis, la traînée induite, et le moment de giration correspondant à la traînée induite.

5. Pour calculer la traînée et le moment de giration réels, nous avons essayé une hypothèse simple : nous avons ajouté au coefficient de traînée induite de chaque élément le coefficient de traînée de profil mesuré sur B ou sur A, selon que cet élément comportait ou non un spoiler; nous en avons déduit la traînée et le moment de giration des ailes C, D, E, F entières.



MOMENT DE GIRATION DES CONFIGURATIONS D, E, F. — CONFIGURATIONS A, B, C, D, E, F.

6. Les écarts observés entre le calcul et l'expérience ont été les suivants : sur le coefficient de portance C_z, $\Delta C_z = -0,03$ à 0; sur le coefficient de traînée C_x,

$$\left|\frac{\Delta C_x}{C_x}\right| < 0,01 \quad \text{pour} \quad 0 < C_z < 0,5,$$

$$\left|\frac{\Delta C_x}{C_x}\right| < 0,04 \quad \text{pour} \quad -0,5 < C_z < 0,9;$$

le coefficient de moment de roulis, C_l, qui est indépendant de l'incidence d'après la théorie, a les valeurs :

Aile D..................	C_l calc. 0,251	C_l exp. 0,249
» E..................	» 0,189	» 0,195
» F..................	» 0,124	» 0,127

le coefficient de moment de giration C_n est donné par la figure.

Les écarts observés paraissent assez petits pour que la méthode de calcul employée puisse rendre service en aéronautique.

RELATIVITÉ. — *Le rôle des liaisons de solidité en relativité générale.* Note (*) de M. **Théophile de Donder**, transmise par M. Émile Henriot.

1. *Relativité restreinte.* — Par définition, *la solidité*, dans l'espace-temps de Minkowski, s'exprime par *l'invariance* (¹) (au sens *restreint*) du $(ds)^2$ de cet espace-temps. Nous avons montré que ces liaisons de solidité exigent *les conditions nécessaires et suffisantes*

$$\boxed{\sum_a \sum_b g_{ab}\, h^a_r\, h^b_s - g_{rs} = 0} \qquad (a,\, b,\, r,\, s = 1 \ldots 4) \tag{1}$$

où les g_{ab} sont les *constantes* qui figurent dans le $(ds)^2$ de Minkowski. Les h^a_r et h^b_s dépendent d'un paramètre auxiliaire.

Nous avons *introduit* (²) les liaisons [1] dans les équations de la *Dynamique des Solides*, en utilisant *les multiplicateurs* λ^{rs} *de Lagrange*.

2. *Relativité générale.* — Par définition, *la solidité* dans l'espace-temps d'Einstein, s'exprime par *l'invariance* (au sens *large*) de (ds^2) de cet espace-temps. On obtient ainsi *la variance* des $g_{\alpha\beta}(x_1, \ldots, x_4)$ d'Einstein par rapport *à tout changement* des variables $(x^1, \ldots, x^4)$. Complétons ces définitions, grâce à *la relation fondamentale invariante* :

$$\mathfrak{M}\, d(x) = \mathfrak{M}'\, d(x'), \tag{2}$$

où $\mathfrak{M}$ est *un facteur tensoriel* dépendant des $g_{\alpha\beta}$ et de leurs dérivées partielles par rapport à $x_1, \ldots, x_4$ jusqu'à un certain ordre. Ces $g_{\alpha\beta}$ et leurs dérivées ont *une variance bien déterminée* qui a été déduite de la solidité dans l'espace-temps d'Einstein; il en résulte que $\mathfrak{M}'$ dépend des $g'_{\alpha\beta}$ et leurs dérivées (par rapport aux x') de *la même manière* que $\mathfrak{M}$ dépendant des $g_{\alpha\beta}$ et leurs dérivées (par rapport aux x). De la relation d'invariance (2), nous avons déduit (³) *les conditions nécessaires et suffisantes* pour que $\mathfrak{M}$ qui figure dans (2) soit un facteur tensoriel en les $g_{\alpha\beta}$ et leurs dérivées partielles. Représentons ces conditions nécessaires et suffisantes par

$$\boxed{\mathfrak{I}_i = 0.} \tag{3}$$

(*) Séance du 28 juillet 1952.

(¹) Th. de Donder, *Bulletin Classe des Sciences de l'Ac. Roy. Belgique.* Séance du 7 février 1942, voir page 64; formules (57) et (58). Les équations (57) fournissent *la généralisation de la transformation de H. A. Lorentz* (*Relativité restreinte*).

(²) Paul Melchior, *Bulletin Classe des Sciences. Ac. Roy. Belgique.* Séance du 16 octobre 1948, p. 785-786.

(³) Th. de Donder, *Bull. Classe des Sciences de l'Ac. Roy. Belgique.* Séance du

Introduisons ces liaisons *dans le principe variationnel de la Gravifique einsteinienne*

$$\delta \int (\mathfrak{M} + \overline{\mathfrak{M}})\, d(x) = 0 \tag{4}$$

en utilisant *les multiplicateurs* λ^i *de Lagrange;* d'où

$$\delta \int \left(\mathfrak{M} + \overline{\mathfrak{M}} + \sum_{i=1}^{4} \lambda^i \mathfrak{I}_i \right) = 0: \tag{4'}$$

on *en déduit les équations fondamentales de la gravifique.*

ASTROPHYSIQUE. — *Mesure spectrophotométrique des rayons stellaires. Application à deux naines blanches.* Note (*) de MM. **Jacques Berger, Daniel Chalonge**, M[lles] **Lucienne Divan** et **Anne-Marie Fringant**, présentée par M. André Danjon.

Une méthode a été proposée ([1]) pour déterminer en valeur absolue la brillance monochromatique ([2]) moyenne (ou, ce qui revient au même, la température de brillance monochromatique ([2]) moyenne du disque d'une étoile des premiers types spectraux. Cette méthode est fondée sur l'hypothèse suivante : le rayonnement que nous recevons du fond d'une raie d'absorption stellaire intense telle que les premières raies de Balmer, H_β, H_γ, H_δ..., provenant de la couche superficielle de l'étoile, diffère peu du rayonnement du corps noir à la température superficielle T_0 de l'étoile. La courbe S qui joint les fonds des raies de Balmer sur un enregistrement de spectre stellaire *représenterait donc sensiblement la courbe d'énergie du corps noir à la température* T_0, c'est-à-dire un repère fondamental pour la détermination *en valeur absolue* du rayonnement de l'étoile : il suffit pour pouvoir tirer parti de cette courbe, de déterminer T_0 ([3]) en faisant l'étude spectrophotométrique de S (en procédant,

---

1 mars 1947, *voir* p. 116 formule (28) et p. (117) formule (30). Pour plus de détails, *voir* formule (A. 101) et (A. 105) p. 194 et 195 de notre traité : *Théorie invariantive du calcul des variations*, Paris 1935).

(*) Séance du 28 juillet 1952.

([1]) D. Chalonge et L. Divan, *Comptes rendus*, 231, 1950, p. 217 et 331.

([2]) La brillance monochromatique est la grandeur que les astronomes désignent souvent par le terme « intensité de rayonnement ». La température de brillance d'une source pour la radiation λ est la température pour laquelle le corps noir à même brillance monochromatique que la source pour la radiation λ.

([3]) On pourrait craindre que T_0 ne soit altéré lorsque l'étoile est animée d'une vitesse de rotation rapide. Il semble que cette crainte ne soit pas fondée car les deux étoiles η U Ma et η Aur (très voisines comme spectres mais différant par la vitesse de rotation) ont sensiblement le même T_0.

par exemple, comme il est indiqué, plus bas, à propos de β Aur). On peut alors déterminer, pour chaque radiation du spectre continu, le nombre d'ergs par seconde rayonné par 1 cm^2 de la surface stellaire.

Ce résultat obtenu, rien n'est plus simple que d'en déduire soit le diamètre apparent de l'étoile lorsqu'on connaît sa magnitude apparente (visuelle par exemple), soit son rayon si l'on a, en outre, mesuré sa parallaxe (4).

Il nous a été possible de refaire un meilleur contrôle de la méthode en l'appliquant à une étoile dont le rayon a été obtenu par un tout autre procédé, β Aurigæ. Nous avons mesuré la profondeur de ses raies de Balmer (5) sur des spectres fournis par un spectrographe à prisme objectif en quartz ayant une dispersion de 40 Å/mm vers H_γ, et obtenu ainsi les éléments permettant de déterminer le gradient de la courbe S par rapport au fond continu de l'étoile. Celui-ci est défini par ses températures de couleur dans les domaines récemment indiqués et dans la nouvelle échelle absolue (6) ($T_b = 18\,500°$, $T_r = 10\,600°$).

Nous avons trouvé $T_0 = 7\,100°$ et l'on en déduit aisément comme température de brillance moyenne pour la longueur d'onde 5 420 Å (longueur d'onde effective des magnitudes visuelles $T_b(5\,420) = 9\,200°$. Admettant les deux composantes identiques (magnitude visuelle $m_v = 2{,}82$, parallaxe $\varpi = 0'',039$) on trouve $\log R = 0{,}425$ soit $R = 2{,}66$ (en unités de rayon solaire) alors que la méthode photométrique conduit à $R = 2{,}6$. L'accord est donc excellent.

Une discussion très simple montre qu'une erreur de $\pm 300°$ sur T_0, qui correspond à une erreur très appréciable, de $\pm 0{,}10$ sur le gradient de S par rapport au fond continu n'entraîne qu'une erreur de 5 % sur le rayon.

Donc même si notre T_0 diffère assez sensiblement de la véritable température superficielle, la méthode peut conduire à une bonne valeur pour R.

Appliquée à un certain nombre d'autres étoiles brillantes, la méthode a conduit à des résultats satisfaisants.

Aussi l'avons-nous utilisée pour déterminer le rayon des deux naines blanches 40 Eri B et Wolf 1346. Leurs spectres ont été obtenus en août 1949 à l'Observatoire Mc Donald par R. Canavaggia et V. Kourganoff toujours avec le même petit spectrographe à châssis oscillant (7) : la largeur exceptionnelle des raies de Balmer nous a permis de mesurer leurs profondeurs sur ces petits spectres eux-mêmes.

A partir des données ci-dessous concernant les deux étoiles :

40 Eri B.................	$m_v = 9{,}6$	$\varpi = 0'',202$
Wolf 1346.................	$m_v = 11{,}3$	$\varpi = 0'',050$

(4) *Voir* dans les notes (1) les détails du calcul.

(5) A un moment où celles-ci ne sont pas dédoublées.

(6) D. Chalonge, P. Guérin et S. Taffara, *Comptes rendus*, 235, 1952, p. 234.

(7) D. Chalonge, *l'Astronomie*, 65, 1951, p. 91.

et par la comparaison de leurs spectres à celui d'une étoile auxiliaire un peu plus brillante, HD 73 ($m_v = 8,5$), qui fut elle-même comparée à nos étalons habituels, nous avons pu calculer la température de couleur T_r dans la région $\lambda > 4800$ [8], la discontinuité de Balmer D, la température superficielle T_0, la température de brillance T_b (5420) pour $\lambda = 5420$ Å et le rayon R.

*.	T_r.	D.	T_0.	T_b(5420).	log R.	R.
40 Eri B.......	14 300	0,27	10 750	13 000°	−1,86	0,014
Wolf 1346.....	13 400	0,23	15 150	20 000°	−1,79	0,016

La valeur obtenue pour le rayon de 40 Eri B est en excellent accord avec la valeur admise. Pour Wolf 1346, aucune évaluation du rayon n'existait encore. Toutefois, les résultats concernant cette seconde étoile ne portent que sur l'étude d'un spectre au lieu de 3 pour 40 Eri B et, si le noircissement de ce spectre est très bon, par contre le temps de pose utilisé, 2 h 15 m, était beaucoup plus grand que celui de l'étoile de comparaison, 4 m. Aussi serait-il bon de confirmer par l'étude de nouveaux spectres les résultats obtenus pour Wolf 1346 (notamment la valeur de T_r qui semble faible).

PHYSIQUE THÉORIQUE. — *Sur l'inexistence de l'onde de surface* (*Oberflächenwelle*) *de A. Sommerfeld.* Note (*) de M. **Paul Poincelot**, présentée par M. Louis de Broglie.

A. Sommerfeld [1], étudiant le rayonnement d'un dipôle vertical sur un sol plan de conductibilité finie, met la fonction de Hertz Π sous la forme

$$\Pi(r, z) = \int_0^\infty \frac{J_0(\lambda r)\,\lambda\,d\lambda\,e^{-z\sqrt{\lambda^2-k_1^2}}}{k_1^2\sqrt{\lambda^2-k_2^2}+k_2^2\sqrt{\lambda^2-k_1^2}}, \tag{1}$$

où r et z sont les coordonnées cylindriques, le doublet étant à l'origine, k_1 et k_2 les nombres d'ondes complexes relatifs, respectivement à l'air et au sol. M. Weyl [2], par une autre méthode, retrouve la même intégrale. M. Rice [3], utilisant un résultat de M. Van Der Pol [4], calcule l'intégrale (1).

De nombreux auteurs ont traité le cas de la propagation sur un sol sphérique.

---

(8) La température de couleur T_b dans le bleu violet n'est pas mesurable par suite de l'extension des ailes des raies de Balmer.

(*) Séance du 28 juillet 1952.

(1) *Ann. Physik*, 28, 1909, p. 665.

(2) *Ibid.*, 60, 1919, p. 481.

(3) *Bell Syst. Techn. J.*, 16, 1937, p. 101.

(4) *Jahrbuch der drahtlosen Telegraphie, Zeitsch. f. Hochfrequenz Tech.*, 37, 1931, p. 152.

Les résultats concordent, à l'exception d'un terme obtenu par Sommerfeld, et appelé par lui onde de surface (Oberflächenwelle) de la forme

(2) $$P = \pi C H_0^{(1)}(sr)\, e^{-\sqrt{s^2-k_1^2}\cdot z},$$

où C est une constante.

Je trouve la cause de l'erreur de Sommerfeld dans le calcul de l'intégrale (30), p. 698 de l'article cité en ([1])

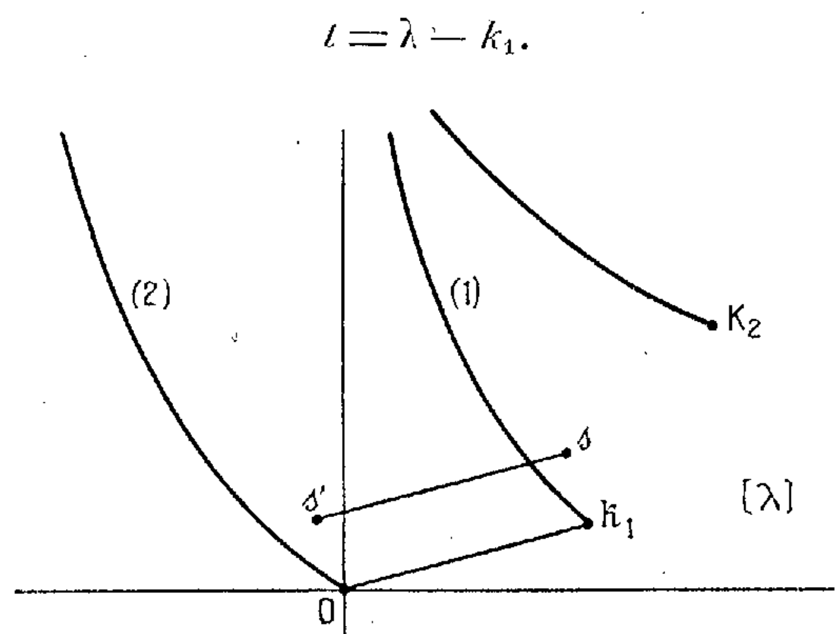
(3) $$Q_1 = \frac{k_1^2+k_2^2}{2}\int_{\tau=-\infty}^{+\infty} \lambda\, d\lambda\, H_0^{(1)}(\lambda r)\frac{e^{-i\tau z}}{k_2^2\, i\tau + k_1^2\sqrt{-\tau^2+k_1^2-k_2^2}},$$

obtenue en posant

(4) $$\sqrt{\lambda^2-k_1^2} = \pm i\tau.$$

Sommerfeld (*fig.* 1) pose ensuite

$$t = \lambda - k_1.$$



et remplace le contour (2) de la figure 1 par l'axe imaginaire, en omettant de faire intervenir le résidu du pôle

(5) $$s' = s - k_1$$

qui se trouve évidemment à l'intérieur du contour, et dont le résidu est égal et de signe contraire à P [relation (2)], en raison du fait que les pôles s et s' sont entourés en sens inverse.

Rappelons que Sommerfeld désigne, sous le nom d'onde de surface (Oberflächenwelle), un terme qui, à grande distance, correspond à des champs de la forme

(6) $$E_z = \frac{k}{\sqrt{r}}\, e^{isr-\sqrt{s^2-k_1^2}\, z},$$

lesquels, selon lui, doivent suivre la surface du sol malgré sa courbure, comme une perturbation électrique se propage le long d'une ligne.

Cette Note conclut à l'inexistence de l'onde de surface, résultat en accord

avec celui de MM. Eckart et Kahan ([5]), obtenu par une autre méthode, ainsi qu'avec les mesures de M. Burrows ([6]).

La dernière Note citée en ([5]) précise la position du pôle s, compris dans l'angle aigu $\widehat{k_1 O k_2}$ et tel que $|s| < |k_1| < |k_2|$.

MAGNÉTISME. — *Sur le ferromagnétisme de certains alliages gadolinium-magnésium.* Note de Mme **Françoise Gaume-Mahn**, présentée par M. Gaston Dupouy.

Dans un travail précédent ([1]), j'ai étudié les propriétés des alliages gadolinium-magnésium riches en magnésium (0 à 68 % de Gd). Rappelons qu'entre 78 et 300°K ils sont paramagnétiques et suivent la loi de Curie-Weiss. Lorsque le titre en gadolinium est supérieur à 68 %, des propriétés ferromagnétiques apparaissent à basse température (effets de saturation, points de Curie).

Plusieurs alliages ayant des titres voisins de celui du composé probable GdMg (86,6 % de Gd) ont été préparés. Un recuit prolongé est nécessaire pour les homogénéiser et pour obtenir des propriétés rigoureusement reproductibles. Les échantillons ont donc tous été recuits 72 h à 400°C, en tubes scellés sous vide. Leur étude magnétique a donné les résultats suivants :

1° Pour différents titres (de 72 à 84 % de Gd) étudiés dans le domaine du ferromagnétisme, il a été trouvé un seul point de Curie réversible

$$\theta_f = 102 \pm 3^\circ \text{K},$$

déterminé dans un champ de 100 Oe environ (*voir* figure). Le point de Curie ferromagnétique est défini arbitrairement par le point de rencontre, avec l'axe des T, de la tangente au point d'inflexion de la courbe $\chi^2 = f(T)$.

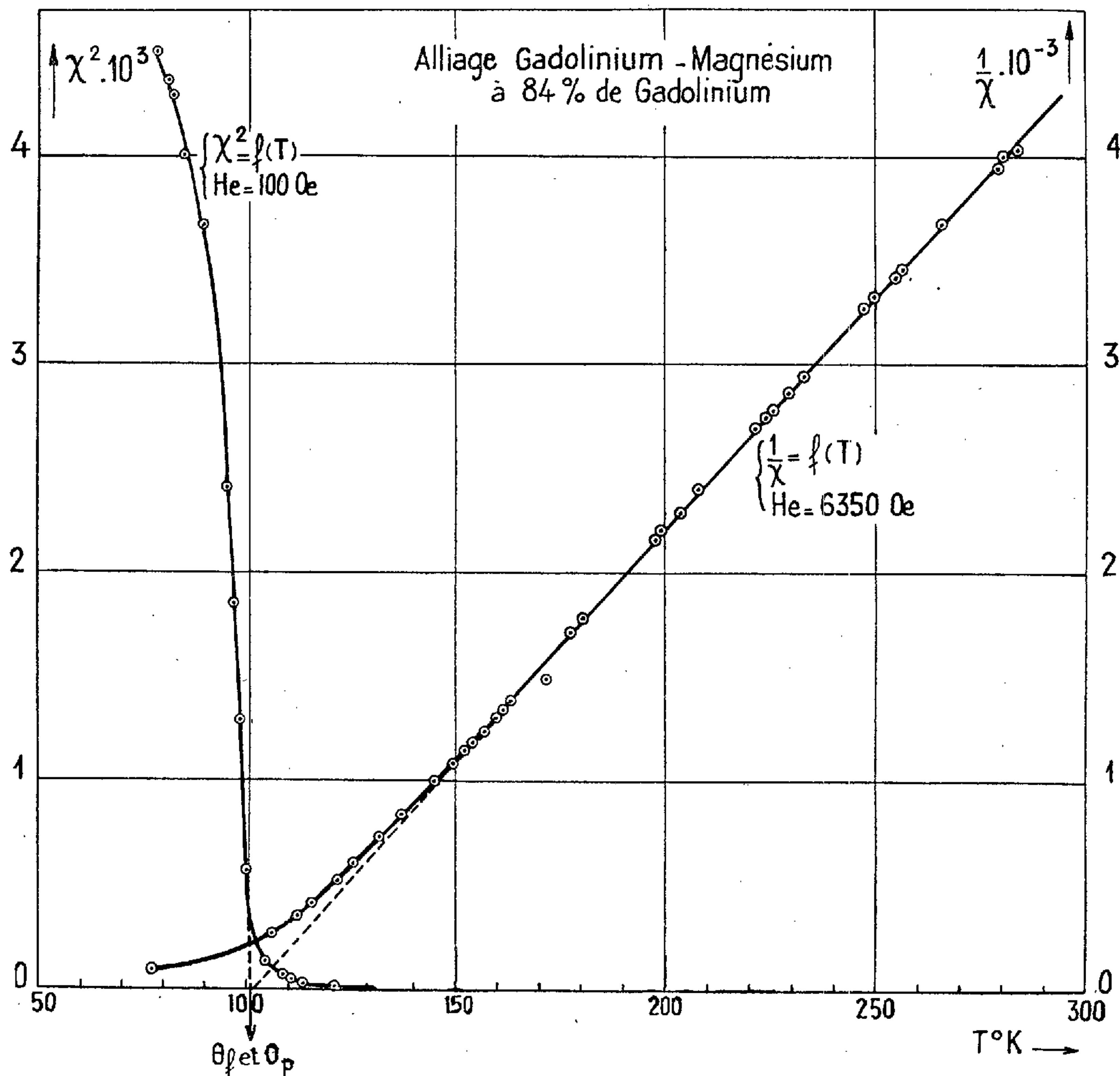
2° A 78° K, χ dépend fortement du champ; pour l'alliage à 84 %, il est égal à $9,69.10^{-3}$ dans 6350 Oe, à $31,7.10^{-3}$ dans 1025 Oe, à 46.10^{-3} dans 500 Oe et à 67.10^{-3} environ dans 100 Oe.

3° A cette même température, dans un champ faible, le coefficient χ passe par un maximum pour une teneur en gadolinium correspondant au composé GdMg. Par exemple, pour trois alliages titrant respectivement 72 %, 84 % et 92 % de gadolinium, on trouve dans 250 Oe : $44,2.10^{-3}$, $55,0.10^{-3}$ et $48,6.10^{-3}$.

4° Au-dessus du point de Curie, on observe, comme dans tous les ferromagnétiques, une région perturbée, s'étendant de 102 à 150° K environ, avec

([5]) *Comptes rendus*, 226, 1948, p. 1513; 227, 1948, p. 969,
([6]) *Proc. Inst. Rad. Eng.*, 25, 1937, p. 219.
([1]) Mme F. Gaume-Mahn, *Comptes rendus*, 232, 1951, p. 1815.
([2]) F. Trombe, *Ann. de Physique*, 11e série, 7, 1937, p. 385.

sensibilité au champ. Au-dessus de cette température et jusqu'à 300° K, les alliages obéissent à la loi de Curie-Weiss. On obtient respectivement, pour des titres de 78 et 84 % de Gd, θ_p à 114 et 102° K, C_A (rapporté à un atome de Gd) égal à 5860 et 6970 et des moments conventionnels calculés par la formule de Langevin de 6,87 et 7,49 magnétons de Bohr. Ces moments sont



plus faibles que celui trouvé pour le métal Gd 7,946 μ_B et que celui calculé pour l'ion Gd^{+++} 7,942 μ_B.

Pour des alliages plus riches en gadolinium que le composé GdMg, on observe aussi un ferromagnétisme à basse température. Des expériences en cours permettront de préciser s'il s'agit d'une solution solide entre GdMg et Gd ou d'un nouveau composé.

Cette étude thermomagnétique apporte une preuve de l'existence du composé GdMg qui possède un point de Curie caractéristique à $102 \pm 3°$ K. D'autres alliages ferromagnétiques à base de métaux des terres rares tels que

les ferro-cérium et les nickel-lanthane ont certes été déjà étudiés. Toutefois, les alliages gadolinium-magnésium riches en gadolinium sont les premiers signalés pour lesquels les propriétés ferromagnétiques mises en évidence soient dues au métal rare.

MAGNÉTISME. — *Courbe thermomagnétique caractéristique du tétroxyde de vanadium entre* 81 *et* 680° K. Note de MM. **Nicolas Perakis** et **Jules Wucher**, présentée par M. Gaston Dupouy.

I. Le tétroxyde de vanadium dont l'étude thermomagnétique est résumée dans cette Note a été préparé et analysé, spectroscopiquement et chimiquement, par Johnson et Matthey, à Londres. Il peut être considéré comme spectroscopiquement pur; son coefficient d'aimantation est *indépendant du champ dans tout l'intervalle de température* (— 192 à + 407° C), minutieusement exploré. Il contient 97 % de V_2O_4, le résidu de 3 % n'étant pas caractérisé dans le rapport d'analyse.

II. Une étude cryomagnétique du produit vierge de tout traitement thermique nous a permis d'identifier ce résidu avec du *trioxyde de vanadium* : le coefficient d'aimantation du produit présente vers — 104° C la discontinuité caractéristique de V_2O_3, mise en évidence par W. Klemm et E. Hoschek (¹); la variation de susceptibilité observée correspond à 3 % environ de trioxyde, ce qui représente bien le déficit indiqué dans le rapport d'analyse de Johnson et Matthey (laboratory N° 5506). Le produit initial a donc pour formule $V_2O_{3,97}$.

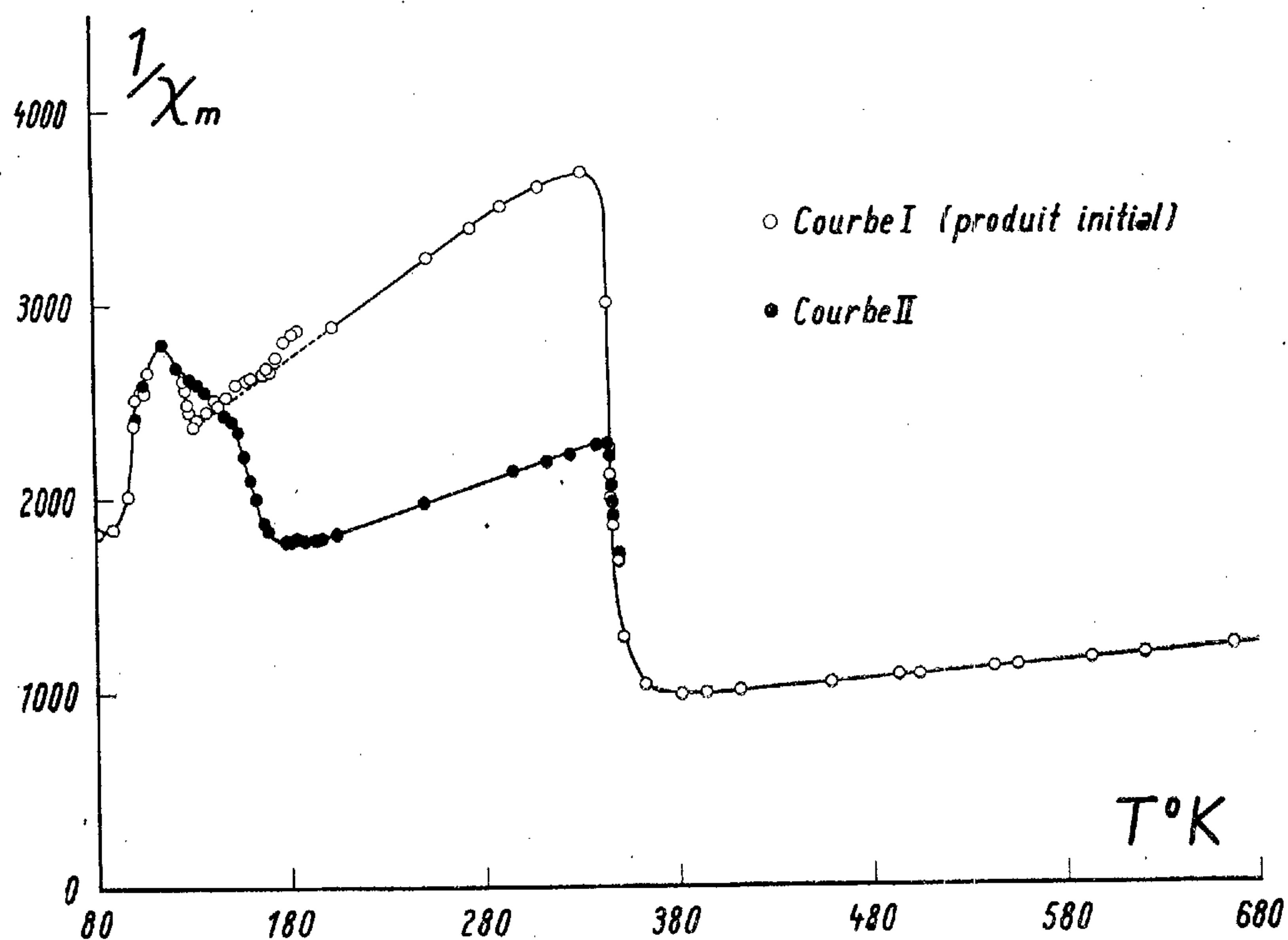
Nous avons rapporté les coefficients d'aimantation mesurés à $V_2O_{4,00}$, en les corrigeant de la fraction $\Delta\chi_{V_2O_3}$, variable avec la température, correction tirée d'une étude détaillée de V_2O_3 par J. Wucher (²). Les χ_m figurant sur le graphique représentent les coefficients d'aimantation moléculaire corrigés du diamagnétisme du reste de la molécule : $\chi_{O_4} = -18,4.10^{-6}$.

III. La courbe (I) a été obtenue avec le produit vierge de tout traitement thermique par températures *croissantes*, à partir de 81°K : de 81 à 130°K le coefficient d'aimantation passe par un minimum situé vers 115°K; de 130 à 330°K sa variation ne peut être caractérisée nettement, sauf dans l'intervalle (200-290°K) où elle s'exprime par la relation $\chi_m(T+200) = 0,140$; entre 335 et 355°K on retrouve la région de transition, mise en évidence par l'un de nous (³) et confirmée par W. Klemm et L. Grimm (⁴), où le coefficient d'aimantation augmente très fortement : de 272.10^{-6} à 332°K, il passe à 942.10^{-6} à

(¹) *Z. Anorg. Chem.*, **226**, 1936, p. 359.
(²) Travail en cours de publication.
(³) N. Perakis, *J. Phys.*, 8, 1927, p. 473.
(⁴) *Naturw.*, **27**, 1939, p. 787.

362°K; de 400 à 680°K il décroît suivant une loi de Weiss avec $\Theta = -720$ et un moment de 2,1 magnétons de Bohr. Ce moment est un peu plus fort que le moment théorique de spin (1,73) de l'ion V^{IV} ($S = 1/2$); des moments supérieurs à la valeur théorique ont déjà été trouvés pour ce type d'ion, pour l'ion V^{IV} lui-même (5).

L'étude thermomagnétique par températures *décroissantes*, à partir de 700° K environ, est représentée par la courbe (II) : de 700 à 400° K on observe une légère diminution du point de Curie sans changement notable du moment;



la variation brusque de susceptibilité a lieu pratiquement à la même température que dans l'expérience inverse, mais elle est beaucoup plus faible; de 300 à 195° K le coefficient d'aimantation croît lentement, suivant une loi de Weiss $\chi_m(T + 315) = 0,286$ ($\mu_B = 1,1$), ensuite il décroît jusqu'à vers 115° K pour croître de nouveau suivant la courbe (I).

IV. La courbe (I), résultat des mesures effectuées sur le produit initial, bien défini, peut être considérée comme la courbe thermomagnétique caractéristique du tétroxyde de vanadium entre — 192 à 407° C. Outre la discontinuité vers 70° C, elle présente une anomalie autour de — 158° C, *la susceptibilité étant toujours indépendante du champ.*

(5) N. PERAKIS, *Comptes rendus*, **148**, 1927, p. 1430.

Bien que le poids de la substance soit resté rigoureusement constant après chauffage, sa composition a pu varier (formation de pentoxyde et de trioxyde), de sorte que la courbe (II) peut correspondre à un produit différent du produit initial par la composition et le pourcentage de l'impureté. Elle présente cependant les anomalies caractéristiques de V_2O_4, notamment celle observée à basse température, difficile à interpréter. Nous y reviendrons.

Les propriétés magnétiques des oxydes présentent souvent des anomalies analogues à celles rapportées ici, comme du reste les propriétés physiques des semi-conducteurs en général.

MAGNÉTISME. — *Magnétostriction des ferrites de cobalt en fonction de la composition.* Note de M. **Roger Vautier**, présentée par M. Gaston Dupouy.

J'ai étudié, au laboratoire de M. Guillaud à Bellevue, la magnétostriction longitudinale de ferrites de cobalt de teneurs croissantes en Co O et ayant subi des traitements différents.

Les mesures ont été faites à la température ordinaire, avec le dispositif de mesure déjà décrit [1], sur des ellipsoïdes de révolution de 5 mm de diamètre et 10 mm de longueur. Le champ magnétisant pouvait atteindre 12 000 Oe. Comme on le constate sur les figures, cette valeur est suffisante pour obtenir la saturation.

Les pourcentages indiqués représentent la teneur moléculaire en CoO, le complément étant constitué par Fe_2O_3.

L'allure des courbes est caractéristique. Tous les ferrites de cobalt non orientés qui ont été étudiés présentent une magnétostriction négative élevée. Avec les valeurs du champ magnétisant utilisées, ces courbes se terminent par un palier horizontal.

Les ferrites de cobalt orientés présentent suivant l'axe d'orientation une magnétostriction positive relativement faible, et pratiquement fonction linéaire du champ, commençant quelquefois par une partie négative.

Suivant une direction perpendiculaire à l'axe d'orientation, la magnétostriction est négative, de valeur généralement comprise entre — 130 et — 200 10^6, et la courbe se termine presque toujours par une partie légèrement ascendante.

On constate d'abord (*fig.* 1) que des échantillons non orientés de même composition, mais ayant subi des traitements différents, donnent des courbes λ (H) distinctes, mais présentent la même valeur de λ à la saturation. Quelquefois, cet accord ne se présente pas, mais il est très probable que ce fait est dû à une orientation partielle involontaire de l'échantillon, car des mesures de λ suivant deux directions perpendiculaires montrent

(1) *Journ. des Recherches du C. N. R. S.*, n° 10, 1950, p. 23.

alors que l'échantillon est anisotrope. Un phénomène analogue est possible dans le cas des ferrites orientés (*fig.* 2). Les écarts seraient alors dus à un défaut d'orientation.

Dans certains cas, j'ai constaté aussi que dans les champs élevés, les points de mesure de la courbe λ (H) se groupaient sur plusieurs branches. Cela s'explique par la possibilité de plusieurs états désaimantés différents.

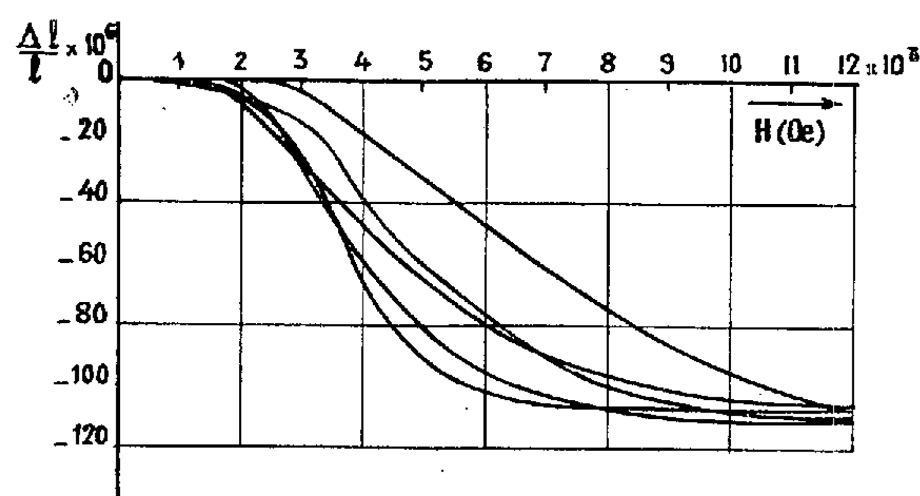


Fig. 1.

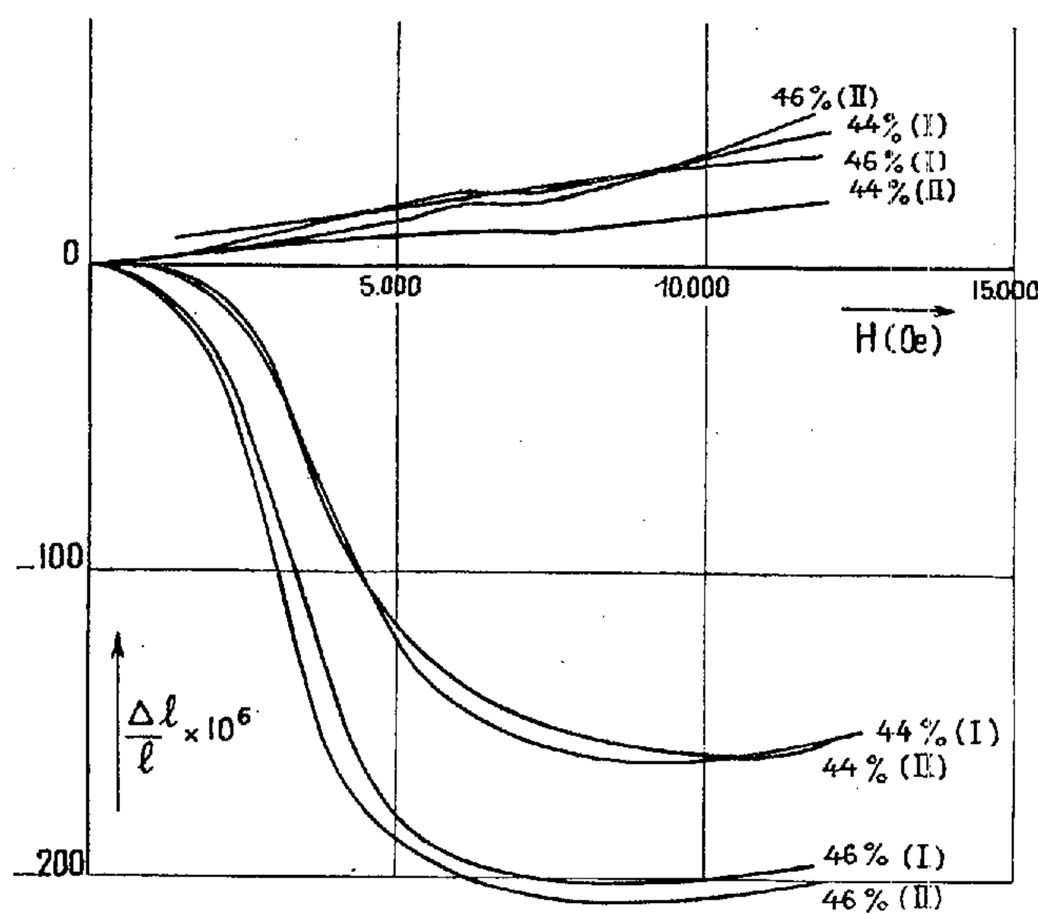


Fig. 2.

L'allure linéaire de la courbe λ (H) dans la direction d'orientation des ferrites orientés peut s'expliquer, soit par des phénomènes de rotation de l'aimantation spontanée, soit par un phénomène de croissance de J_s proportionnellement au champ. La croissance de λ dans les champs élevés pour une direction perpendiculaire à la direction d'orientation pourrait confirmer cette dernière hypothèse, mais les résultats expérimentaux ne permettent pas d'en décider avec certitude.

On notera que la courbe λ (H) dans la direction d'orientation est très souvent coupée par un décrochement pour une valeur de champ comprise

entre 6 000 et 8 000 Oe. Ce fait n'est pas expliqué. La figure 3 représente la magnétostriction de ferrites non orientés de teneurs en CoO différentes, ayant subi des traitements analogues. On constate qu'entre 48 et 44 % la valeur de λ est pratiquement constante et que cette valeur diminue quand le pourcentage moléculaire en CoO baisse.

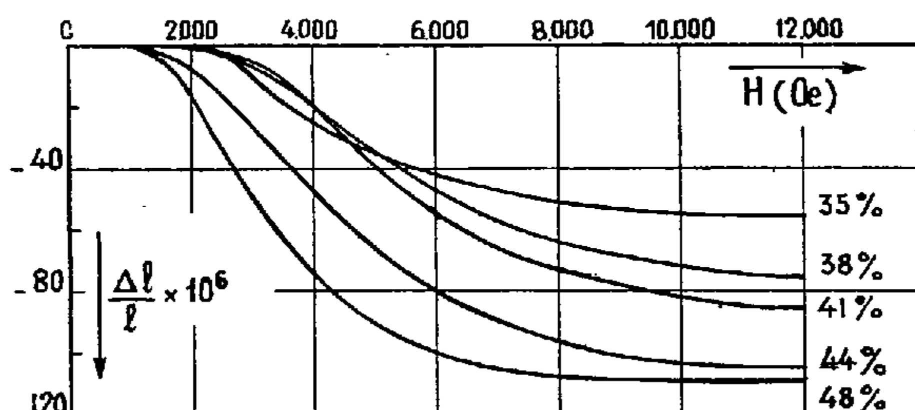


Fig. 3.

OPTIQUE. — *Détermination du coefficient local d'absorption monochromatique dans les flammes de cracking.* Note (*) de M. **Francis Guyomard**, présentée par M. Gustave Ribaud.

Principe. — Le facteur d'absorption monochromatique d'une flamme d'épaisseur l, pour la longueur d'onde effective du pyromètre optique utilisé, est de la forme

$$\alpha_{(0,665\mu)} = 1 - \exp - \int_0^l k\,dx.$$

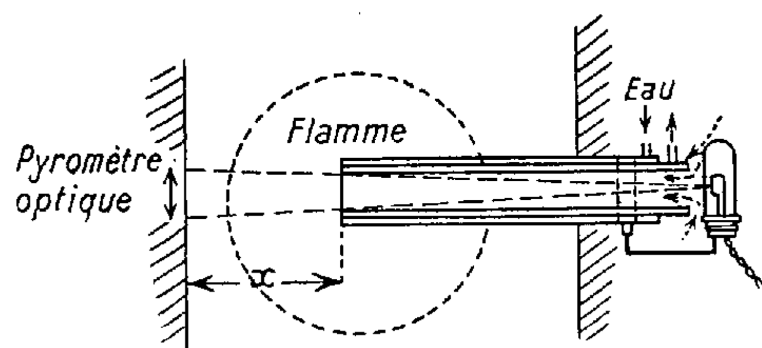


Fig. 1.

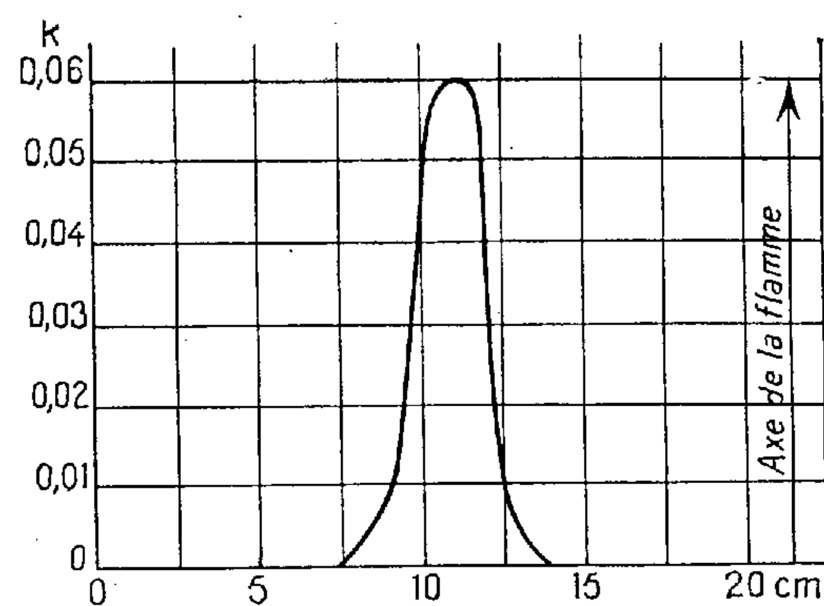


Fig. 2.

Le coefficient local d'absorption monochromatique k est proportionnel à la densité en particules de carbone. Il est donc intéressant de pouvoir déterminer sa valeur pour obtenir une représentation de la densité en particules en chaque point et connaître ainsi le développement de la formation du carbone dans les grandes flammes de cracking.

(*) Séance du 28 juillet 1952.

A cet effet nous avons réalisé une chemise à circulation d'eau, à l'extrémité de laquelle est montée une lampe à ruban de tungstène. En enfonçant le tube dans la flamme, on fait varier l'épaisseur absorbante et l'on mesure au pyromètre optique la température de brillance de l'ensemble lampe + flamme (*fig.* 1).

Le diamètre du tube intérieur est plus grand que l'ouverture du pyromètre. La circulation d'air dans le tube intérieur, due à la dépression dans la flamme, est suffisante pour éviter que le carbone n'y reste en suspension et n'absorbe le rayonnement du ruban de la lampe.

Étude mathématique. — Pour une brillance monochromatique b_1 de la lampe, on mesure la température de brillance correspondant à une brillance résultante

$$b_1\tau_x + E_x = b'_{1x}$$

(τ_x, facteur de transmission monochromatique correspondant à l'abscisse x; E_x, émission monochromatique de la flamme correspondant à la même abscisse; b'_{1x}, brillance monochromatique résultante).

De même pour une autre brillance b_2 on obtient $b_2\tau_x + E_x = b'_{2x}$; on peut donc tracer la courbe $B = b'_2 - b'_1$ en fonction de x. Si $b_2 - b_1$ est constant et égal à A, on a

$$A\tau_x = (b'_2 - b'_1)_x = A \exp - \int_0^x k\,dx, \qquad \text{d'où} \qquad \frac{\dfrac{d}{dx}(b'_2 - b'_1)}{b'_2 - b'_1} = -k.$$

En réalité on mesure des températures de brillance, on en déduit les brillances b'_{1x} et b'_{2x}, puis $(b'_2 - b'_1)_x$, puis $d/dx(b'_2 - b'_1)_x$ ... pour obtenir enfin k en fonction de x.

Résultats. — Le tableau ci-joint donne les résultats obtenus sur une flamme de gaz de ville carburé au propane, à une distance de 25 cm du brûleur et suivant un diamètre; on remarque que le carbone est localisé sur le bord de la flamme, à une distance de la paroi du four comprise entre 8 et 12,5 cm.

x (cm).	$b'_2 - b'_1$ (W/cm³).	$(b'_2 - b'_1)$ par cm.	k.	x (cm).	$b'_2 - b'_1$ (W/cm³).	$(b'_2 - b'_1)$ par cm.	k.
7......	0,5142	0	0	10,5...	0,5424	0,0318	0,0586
7,5....	0,5142	0	0	11.....	0,5583	–	–
8......	0,5142	0	0	11,5...	0,5755	0,0344	0,0597
8,5....	0,5153	0,0022	0,0043	12.....	0,5927	–	–
9......	0,5164	–	–	12,5...	0,5966	0,0079	0,0132
9,5....	0,5214	0,0101	0,0194	13.....	0,6006	0	–
10.....	0,5265	–	–				

La figure 2 donne les valeurs de k calculées à partir du tableau précédent.

On peut montrer que l'erreur relative sur k est de l'ordre de 10 à 15 % pour le maximum; on a donc $k = 0,06 \pm 0,009$.

SPECTROSCOPIE. — *Théorie statistique de l'effet de la pression sur les raies spectrales.* Note [*] de MM. **René Bergeon, Stéphane Robin** et **Boris Vodar**, transmise par M. Eugène Darmois.

En vue d'interpréter les résultats expérimentaux récents [1], [2], nous avons repris la théorie statistique de Margenau [3], [4] en tenant compte des répulsions qui jouent un rôle important aux hautes pressions. Nous supposons une répartition continue des perturbateurs autour de l'atome perturbé et négligeons les effets dus à l'agitation thermique (velocity broadening), considérant l'intensité à la fréquence $\nu - \nu_0$ comme proportionnelle au volume d'extension en configuration qui réalise l'énergie de perturbation correspondante (ν_0 étant la fréquence non perturbée). Cette perturbation qui est la différence des perturbations relatives à chacun des niveaux quantiques liés à la raie considérée a été représentée ici par la loi (6 — 12) de Lennard-Jones, ce qui serait exact si cette loi était valable pour tous les niveaux quantiques. La question de l'additivité des forces soulève des difficultés; on sait que les forces de dispersion sont rigoureusement additives (contrairement aux forces d'induction et d'orientation que nous ne considérons pas ici); les forces de répulsion ne sont pas additives aux fortes densités, aussi ne faut-il voir, comme d'habitude, dans le terme en ν^{-12} que la figuration d'une résultante dont on ignore la forme exacte.

Avec les notations de la référence (3) la distribution statistique des fréquences est donnée par

$$I_s(\nu) = \frac{K}{2\pi} \int_{-\infty}^{+\infty} e^{-i\nu\rho}\, e^{-4\pi n_1 V'(\rho)}\, d\rho\,;$$

avec

$$V'(\rho) = \int_0^{\infty} (1 - e^{i\alpha\rho r^{-6} - i\beta\rho r^{-12}})\, r^2\, dr,$$

K étant une constante de normalisation ; n_1, le nombre d'atomes perturbateurs par centimètre cube ; ρ une variable d'intégration et $V'(\rho)$ le potentiel perturbateur. Pour poursuivre les calculs, il convient d'adopter les quantités réduites : Densité réduite : $\delta = \pi/3\, n_1 \sqrt{\beta/\alpha}$; fréquence réduite : $\eta = |\beta/\alpha^2| \times |\nu - \nu_0|$, et la variable $z = \alpha^2 \rho/\beta$. La fonction $V'(\rho)$ a été calculée par un développement analogue à celui du deuxième coefficient du viriel. Les figures 1 et 2 donnent les parties réelles et imaginaires de $12\sqrt{|\alpha/\beta|}\, V'(\rho) = A(z) + iB(z)$, dans les cas où $\alpha\beta > 0$ ou $\alpha\beta < 0$; le $V'(\rho)$ de Margenau y correspond à une droite.

(*) Séance du 28 juillet 1952.

(1) S. Robin, J. Robin et B. Vodar, *Comptes rendus*, **232**, 1951, p. 1754.

(2) S. Robin, *J. Chim. Phys.*, **49**, 1952, p. 1.

(3) H. Margenau, *Phys. Rev.*, **48**, 1935, p. 755.

(4) H. Margenau, *Phys. Rev.*, (2), **82**, 1951, p. 156.

On sait qu'on a généralement $\alpha > 0$, c'est-à-dire un déplacement initial vers le « rouge »; faute d'une discussion détaillée, on ne sait pas si β peut prendre les deux signes. Pour $\beta\alpha > 0$, $V(\rho)$ a la forme d'un puits de potentiel et le déplacement de la raie est d'abord voisin de celui de Margenau, puis se ralentit et rétrograde; cela a été observé ([5]) avec $\alpha > 0$ et $\beta > 0$; si $\alpha\beta < 0$, on constate que $V'(\rho)$ s'écarte peu de la fonction de Margenau; la différence étant de l'ordre de celle qu'apporteraient les termes complémentaires en V^{-8} des forces de dispersion; cependant, avec $\alpha < 0$ et $\beta > 0$ on doit avoir un déplacement accéléré vers le « bleu », ce qui a été également constaté ([2]); on peut prévoir deux autres cas qui ne semblent pas avoir été observés.

Avec les quantités réduites, le déplacement du maximum d'une raie spectrale

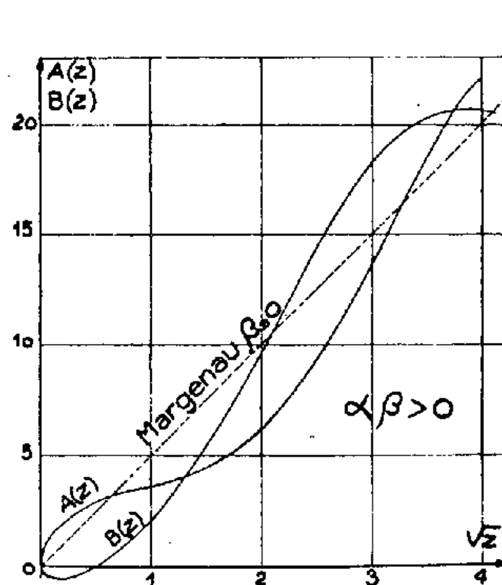


Fig. 1.

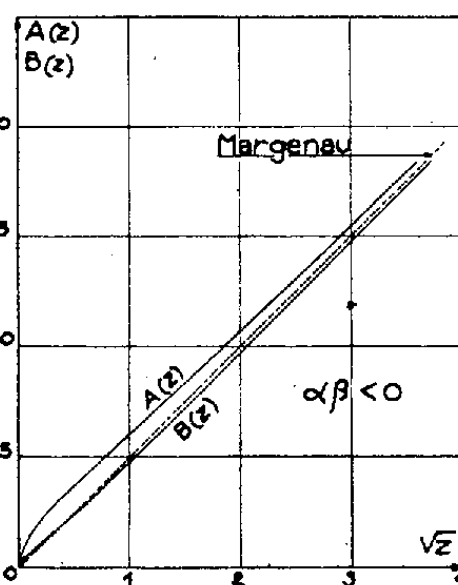


Fig. 2.

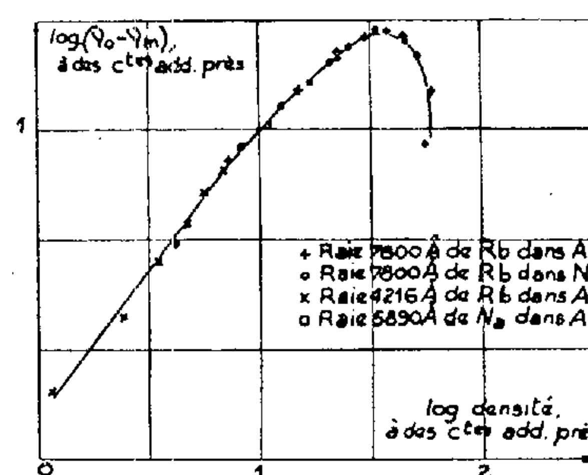


Fig. 3.

s'exprime, pour chaque combinaison de signe de α et β par une loi universelle : $\eta_m = f(\delta)$ où $f(\delta)$ représente l'une des quatre branches d'une fonction multiforme universelle. Ainsi toutes les courbes de : $\log|\nu_m - \nu_0|$ en fonction de : log (densité) doivent se superposer par translation en se ramenant à deux courbes distinctes suivant les signes de α et β. On voit sur la figure 3 que certaines courbes expérimentales (pour $\alpha > 0$ et $\beta > 0$ satisfont à cette condition. Cependant, le résultat ne saurait être considéré comme tout à fait concluant tant que les calculs complets des profils des raies, qui sont en cours, ne seront pas confrontés avec l'expérience.

OPTIQUE ÉLECTRONIQUE. — *Mesure de la dérivée première et de la dérivée seconde de l'induction sur l'axe de révolution d'une lentille magnétique puissante.* Note de M. **Pierre Gautier**, présentée par M. Gaston Dupouy.

Une petite bobine exploratrice, dont l'axe coïncide avec celui de la lentille, vibre d'un mouvement sinusoïdal parallèle à cet axe : la f. é. m. induite est proportionnelle à la dérivée première de l'induction. Deux bobines analogues à la précédente, iden-

([5]) J. Robin et S. Robin, *Comptes rendus*, 233, 1951, p. 1019.

tiques entre elles, placées très près l'une de l'autre, sont montées en opposition : la f. é. m. induite est proportionnelle à la dérivée seconde de l'induction.

Nous avons décrit dans une Note précédente (1) une méthode de mesure de l'induction B sur l'axe Oz d'une lentille magnétique puissante. Nous montrons ici que le même montage permet de mesurer *avec la même précision* les deux premières dérivées $B' = (dB/dz)$ et $B'' = (d^2B/dz^2)$, nécessaires pour le calcul des aberrations du troisième ordre. Ceci représente un progrès sur les méthodes graphiques ou numériques utilisées jusqu'à présent (2).

Principe de la mesure de B'. — Sur la tige portant le solénoïde AA' (1) est fixée une petite bobine à gorge rectangulaire, de même axe que AA'. Le terme fondamental de la f. e. m. induite a pour amplitude

$$E'_1 = \frac{N}{3}\pi R^2 a\omega\left[B' + \left(\frac{\Delta z^2}{6} - \frac{3R^2}{40}\right)B''' + \left(\frac{\Delta z^4}{120} + \frac{3R^4}{1344} - \frac{3R^2\Delta z^2}{240}\right)B^{(5)} + \ldots\right]10^{-8}\ \mathrm{V}$$

N, nombre total de spires de la bobine; R, rayon extérieur du bobinage en centimètres. (Le cube du rayon intérieur est supposé petit devant R^3); Δz, demi-longueur de la bobine en centimètres; ω, pulsation; B', B''', ..., dérivées par rapprot à z de l'induction B (en gauss) *au centre de la bobine*. Si $3R^2/40 = \Delta z^2/6$, E' est proportionnel à B', au terme correctif en $B^{(5)}$ près (3).

Principe de la mesure de B''. — Sur la même tige sont fixées deux autres bobines, identiques entre elles, de même axe que la précédente. Leurs centres sont distants de $2(\Delta_1 z)$ cm. Elles sont montées en opposition : la f. é. m. induite a pour amplitude

$$E''_1 = \frac{N}{3}\pi R^2 a\omega . 2(\Delta_1 z)\left[B'' + \left(\frac{\Delta_1 z^2 + \Delta z^2}{6} - \frac{3R^2}{40}\right)B^{(4)} + \ldots\right]10^{-8}\ \mathrm{V}.$$

B'', $B^{(4)}$, ..., dérivées de B *au centre de symétrie de l'ensemble des deux bobines*. Si $3R^2/40 = (\Delta_1 z^2 + \Delta z^2)/6$, E'' est proportionnel à B'', au terme correctif en $B^{(6)}$ près.

Détermination des coefficients de proportionnalité. — La connaissance de B_0 (1) et de l'aire comprise entre les courbes $E'(z)$ et $E''(z)$ et l'axe Oz, permet de déterminer successivement les coefficients $(N/3)\pi R^2 a\omega$ et $(N/3)\pi R^2 a\omega . 2(\Delta_1 z)$.

Réalisation. — Les caractéristiques de la bobine servant à mesurer B' sont : $\Delta z = 0{,}4$ mm, $R = 0{,}6$ mm, $N = 350$. Celles des bobines servant à mesurer B'' sont : $\Delta z = 0{,}2$ mm, $R = 0{,}66$ mm, $N = 215$, $\Delta_1 z = 0{,}4$ mm. Elles satisfont aux conditions précisées ci-dessus.

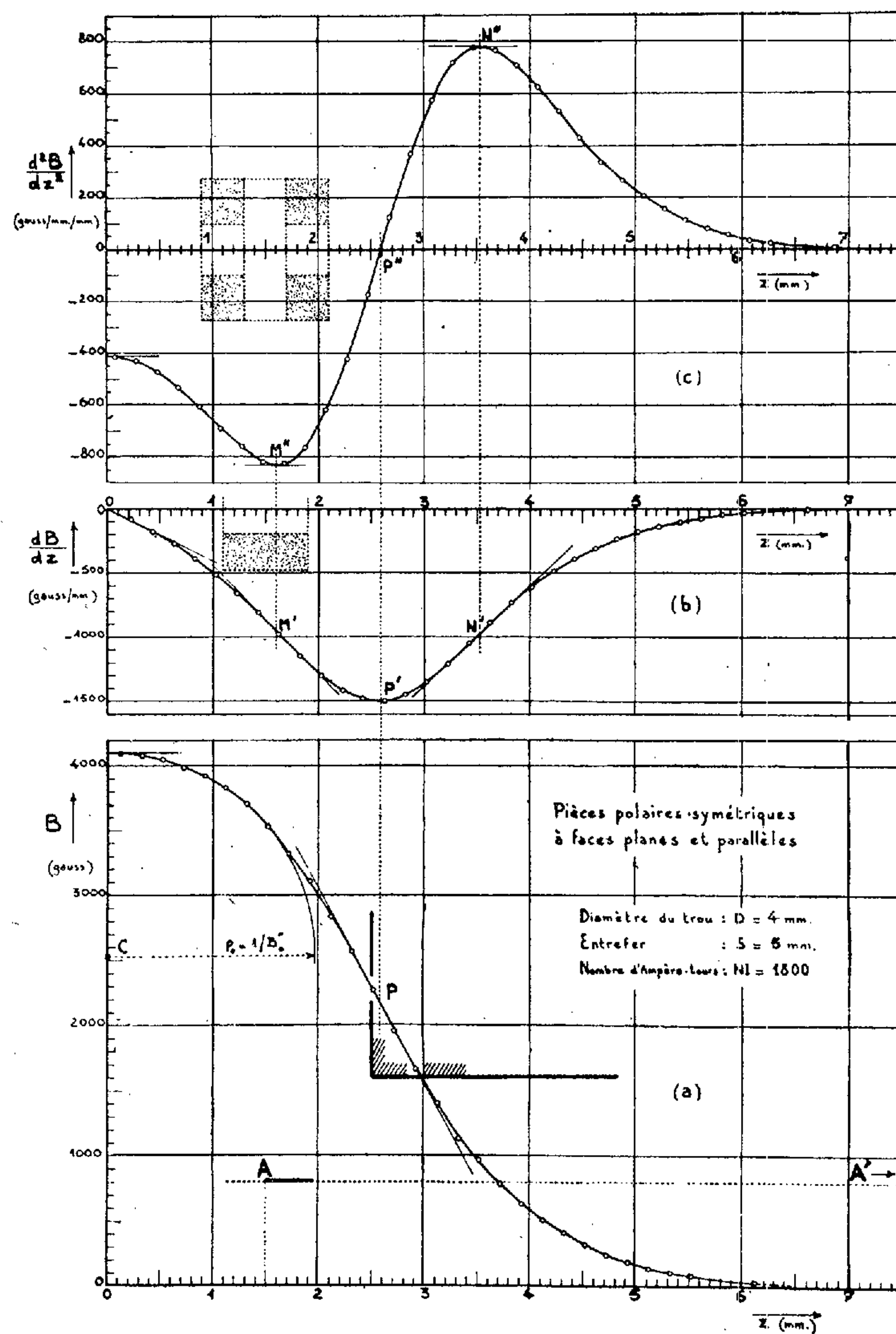
---

(1) Ch. Fert et P. Gautier, *Comptes rendus*, **233**, 1951, p. 148.

(2) Dosse, *Z. Phys.*, **117**, 1941, p. 437; Liebmann et Grad., *Proc. of the Phys. Soc.* B, Vol. 64, 1951, p. 956.

(3) On suppose l'amplitude a des vibrations suffisamment petite pour que le terme de fréquence double soit négligeable.

Exemple de mesure. — L'expérience a confirmé les résultats de l'étude précédente. La figure représente, déterminée par cette méthode, la répartition de B, B′ et B″ sur l'axe d'une lentille symétrique ([4]). La connaissance directe de B′ et de B″ permet de préciser la position des points d'inflexion P, M′, N′ et



la pente en ces points. En outre, la connaissance de B″ permet de corriger les valeurs de B données par le solénoïde AA′, pour tenir compte du rayon fini de ce dernier, de préciser la pente à l'origine de $B'(z)$, et de déterminer le

([4]) La lentille étant symétrique, on n'a dessiné que la moitié de la courbe. Les dimensions des pièces polaires et des bobines exploratrices sont précisées à l'échelle des z.

rayon de courbure à l'origine de $B(z)$, avec précision et non plus par tâtonnements ([5]).

Remarque. — Pour la mesure de B'', l'égalité des surfaces des deux bobines n'est jamais parfaitement réalisée : d'où une erreur proportionnelle à B', B''', ... Si le champ est dissymétrique, on effectue la correction en réalisant une seconde série de mesures, après retournement de la lentille. Une seule série de mesures suffit si le champ est symétrique. Une publication plus détaillée précisera ces différents points.

PHYSIQUE NUCLÉAIRE. — *Une remarque relative aux niveaux énergétiques des noyaux légers.* Note (*) de M. **Félix Joachim Wiśniewski**, présentée par M. Louis de Broglie.

Dans la présente Note on montre que certains niveaux énergétiques des noyaux légers déterminés expérimentalement satisfont la relation

$$E = Kn(n+1) \tag{1}$$

où E désigne le niveau, n un nombre entier et K une constante différente pour différents éléments.

Il est permis par suite d'interpréter ces niveaux comme niveaux de rotation.

La constante K a pour B_{10} et C_{13} deux valeurs numériques différentes correspondant aux deux séries de termes.

Dans les tables qui suivent sont rassemblées les valeurs de $E(n)$ calculées pour chaque élément et les niveaux déterminés expérimentalement qui leur correspondent.

Li_7.

1. $E(n) = 0{,}24\, n(n+1)$.

n	1.	2.	3.	4.	5.
Théorie	0,48	1,44	2,88	4,80	7,2
Expér.	0,48 ([2])	–	–	4,77 ([2])	7,54 ([2])

Be_8.

2. $E(n) = 0{,}245\, n(n+1)$.

n	3.	4.	5.	6.	8.
Théorie	2,94	4,90	7,35	10,29	17,64
Expér.	3,00 ([3])	4,80 ([3])	7,50 ([3])	9,80 ([1])	17,57 ([1])

([5]) Glaser, *Ann. der Phys.*, 6, 1950, 7, 5, p. 219.

(*) Séance du 21 juillet 1952.

([1]) Cité d'après Kondratief, *Uspiechi Physitscheskich Nauk*, 38, 1949.

([2]) H. E. Gove et I. A. Harvey, *Phys. Rev.*, 82, 1951.

([3]) L. L. Green et W. H. Gibson, *Proc. Phys. Soc.* A, 1949.

B'_{10}.

3. $E(n) = 0,1197\, n(n+1)$.

n	2.	3.	4.	5.	7.	8.
Théorie	0,718	1,435	2,39	3,59	6,70	8,62
Expér.	0,718 (1)	1,435 (1)	2,22 (4)	3,59 (4)	6,78 (1)	8,76 (1)

B''_{10}.

4. $E(n) = 0,171\, n(n+1)$.

n	2.	3.	4.	5.
Théorie	1,026	2,052	3,42	5,13
Expér.	1,024 (1)	2,22 (4)	3,425 (1)	5,12 (4)

B_{11}.

5. $E(n) = 0,106\, n(n+1)$.

n	2.	4.	6.	7.	8.	10.	11.
Théorie	0,635	2,12	4,45	5,93	7,63	11,66	13,99
Expér.	0,65 (5)	2,14 (6)	4,46 (6)	5,8 (1)	7,30 (6)	11,5 (1)	13,8 (1)

C_{11}.

6. $E(n) = 0,095\, n(n+1)$.

n	3.	4.	5.	6.	7.	8.	9.
Théorie	0,57	1,90	2,85	3,99	5,32	6,84	8,55
Expér.	0	1,9 (6)	–	–	–	6,83 (6)	8,45 (6)

C_{12}.

7. $E(n) = 0,1\, n(n+1)$.

n	5.	6.	7.	8.	10.
Théorie	3,00	4,20	5,6	7,2	11,0
Expér.	3,00 (1)	4,3 (1)	–	7,1 (1)	10,8 (1)

C'_{13}.

8. $E(n) = 0,1618\, n(n+1)$.

n	2.	4.	5.	6.	7.	8.
Théorie	0,971	3,256	4,856	6,79	9,06	11,64
Expér.	–	3,18 (1)	4,9 (6)	–	8,90 (1)	11,86 (1)

C''_{13}.

9. $E(n) = 0,133\, n(n+1)$.

n	2.	5.	6.	9.
Théorie	0,98	3,99	5,58	11,97
Expér.	0,8 (1)	3,95 (1)	5,6 (7)	11,86 (1)

B_{10} et C_{13} ont deux séries de niveaux différents. On peut conclure de ce fait à l'existence de deux sortes de noyaux différents de B_{10} et C_{13}.

---

(4) AJZENBERG, *Phys. Rev.*, 82, 1951.

(5) W. D. MC MINN, M. B. SAMPSON et V. K. RASMUSSON, *Phys. Rev.*, 84, 1951.

(6) VAN PATTER, BACHNER et SPERDUTTO, *Phys. Rev.*, 82, 1951.

(7) MILLER, *Phys. Rev.*, 78.

PHYSIQUE NUCLÉAIRE. — *Sur le rapport d'embranchement* K/β^+ *de* ^{65}Zn. Note (*) de Mlle **Tosiko Yuasa**, présentée par M. Frédéric Joliot.

A l'aide d'un spectrographe magnétique de focalisation à 180°, on a mesuré l'intensité des électrons Auger des rayons X provenant de la capture-K du noyau ^{65}Zn et l'intensité du Spectre β^+, et l'on a obtenu la valeur 41 ± 5 comme rapport d'embranchement global. Le spectre β^+ n'a pas une forme de simple spectre de transition permise.

Le noyau ^{65}Zn se désintègre, soit par capture-K dont environ 46 % aboutissant à un état excité de ^{65}Cu de 1,114 MeV, soit par émission des β^+. Il pourrait y avoir aussi d'autres rayons γ plus mous.

Le rapport d'embranchement K/β^+ a été étudié par plusieurs auteurs ([1]), soit par le rapport de l'intensité des rayons X provenant de la capture-K à celle des rayons d'annihilation des β^+ ([2]), soit à celle du spectre β^+ ([3]). Cependant le spectre β^+ mesuré jusqu'à présent avec le spectrographe magnétique avait une imprécision due à l'absorption par la masse importante de la source et de la fenêtre du compteur ([4]). La mesure faite avec la chambre de Wilson présente d'autres inconvénients dus soit à la diffusion des rayons β^+ mous dans l'atmosphère de la chambre, soit à l'angle solide efficace qui est difficile à déterminer pour les rayons β^+ de faible énergie ([5]).

J'ai entrepris de nouveau cette étude, à l'aide d'un spectrographe magnétique de focalisation à 180°, en améliorant certaines conditions expérimentales que nous allons citer plus loin, et en mesurant l'intensité du spectre β^+ et des électrons Auger.

La fenêtre du compteur utilisé est fermée par une feuille de formvar de 70 μg/cm^2. La pression du gaz dans le compteur est de 2,0 cm Hg (0,6 cm Hg de $C_3H_5OH + 1,4$ cm Hg de A). Ce compteur a fonctionné à environ 1000 V ayant un palier de 50 V.

La source a été déposée par électrolyse sur une feuille de polystyrène de 0,7 mg/cm^2 cuivrée sous vide et trempée dans la solutiou aqueuse de $ZnCl_2$ radioactif additionnée d'un peu d'acide acétique et d'acétate d'ammonium. Par cette méthode on a pu augmenter l'activité spécifique de ^{65}Zn d'un facteur 2,1. On a préparé trois sources, S_1, S_2 et S_3, dont la masse superfi-

---

(*) Séance du 28 juillet 1952.

(1) *Voir* les références citées dans J. K. Major, *Comptes rendus*, 233, 1951, p. 947.

(2) M. A. Waggoner, M. L. Moon et A. Roberts, *Phys. Rev.*, 80, 1950, p. 420.

(3) R. A. Cohn et J. D. Kurbatov, *Phys. Rev.*, 78, 1950, p. 318; K. C. Mann, D. Raukin et P. N. Daykin, *Phys. Rev.*, 76, 1949, p. 1719.

(4) K. C. Mann, *loc. cit.*

(5) R. Sagane, S. Kojima et G. Miyamoto, *Proc. Phys. Math. Soc.*, Japan, 21, 1939, p. 728; Y. Watase, J. Itoh et E. Takeda, *Proc. Phys. Math. Soc.*, Japan, 22, 1940, p. 90; J. K. Major, *loc. cit.*

cielle était respectivement 0,440 mg/cm², 4 mg/cm² et 10,4 mg/cm², et l'activité spécifique était environ 95 μC/mg.

La source S_1 a été utilisée comme étalon pour la correction de l'intensité des électrons Auger. Avec les sources S_2 et S_3 on a mesuré l'intensité des électrons Auger et des β^+.

Le spectre β^+ semble avoir deux composantes comme il a été annoncé par Sagane et al. ([5]), dont E_{max} se trouvant respectivement à 150 ± 20 keV et

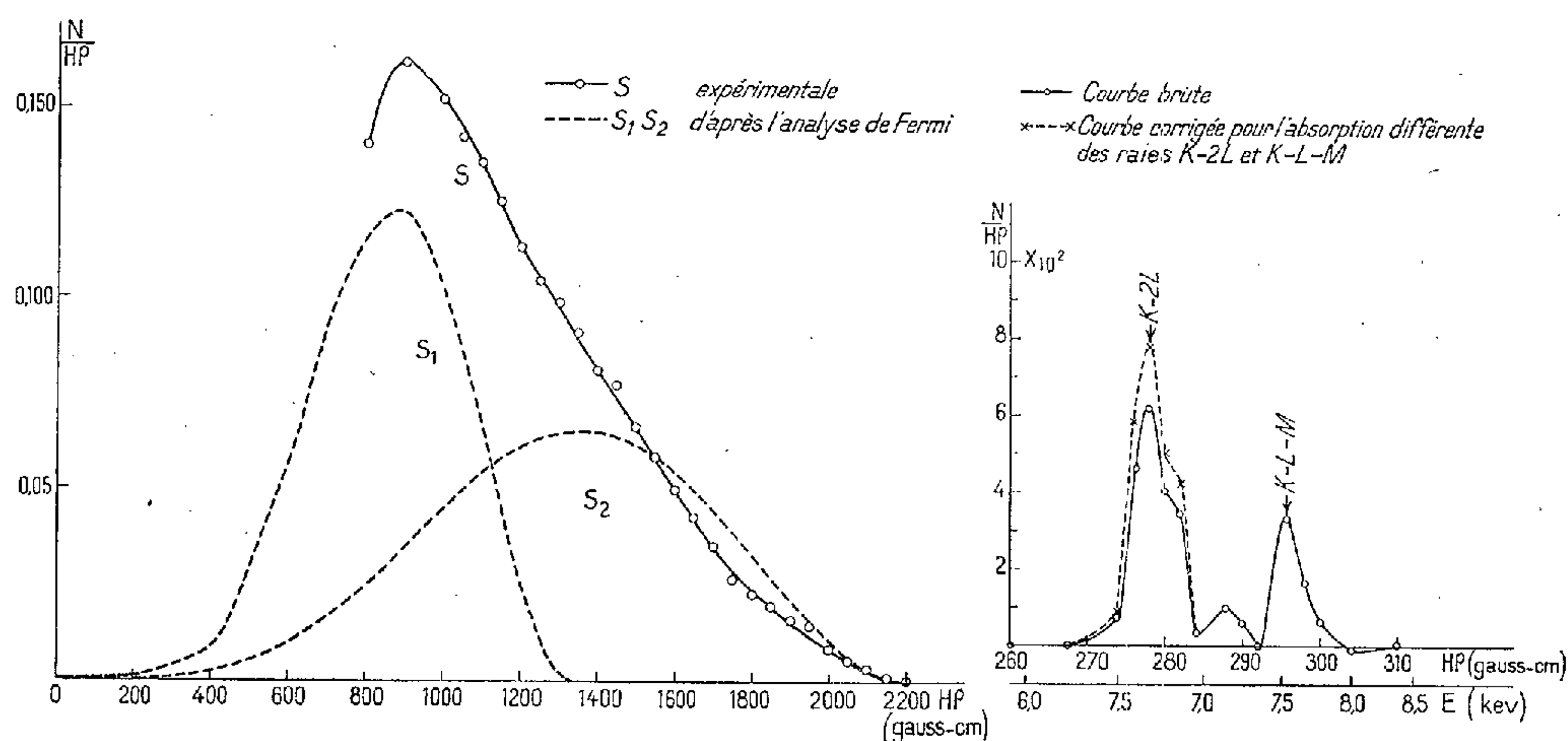


Fig. 1. Fig. 2.

Fig. 1. — Spectre β^+ du ^{65}Zn.

Fig. 2. — Raies des électrons Auger des rayons X émis par ^{65}Cu.

320 ± 5 keV, leur intensité étant presque égale (*fig.* 1). Mais étant donné que la source est assez épaisse et que la valeur *ft* est $2,88 \cdot 10^7$, il est possible que le spectre soit simple mais de transition interdite.

Quant aux électrons Auger, on a obtenu deux raies principales K-2L et K-L-M (*fig.* 2), dont les $H\rho$ et les intensités mesurées antérieurement ([6]) et actuellement sont indiqués dans le tableau suivant :

$H\rho$ (gauss/cm).	E (keV).	Raie.		Intensité relative. Électrons Auger.	Électrons Auger antérieurement.	+ Photo-électrons actuellement.
279,5....	6,7	$K-L_{II}-L_I$	K-2L	2 ∼ 3	10,4 ∼ 11,7	11 (norm).
283,0....	6,9	$K-L_{II}-L_{II\ ou\ III}$		6		
286,5....	7,1	?		1	1,3	1,1
297,2....	7,65	$K-M_{III}-L_I$	K-L-M	2 ∼ 3*	6,5 ∼ 9,1*	2,78
300,9....	7,85	$K-M_{III}-L_{II\ ou\ III}$ et $K-L_{II}-M$		3 ∼ 4*		

(*) valeurs non précises.

([6]) COMPTON et ALLISON, *X-Rays in Theory and Experiments*, 1947.

En faisant la correction par l'absorption dans la matière de la source pour l'intensité des électrons Auger et en tenant compte de l'intensité des photoélectrons des rayons X sortis de la source (30 % pour S_3), et en utilisant l'intensité du spectre β^+ on a obtenu $40,6 \pm 5,0$ comme la valeur de K/β^+ global.

CHIMIE PHYSIQUE. — *Sur la promotion en catalyse hétérogène.* Note (*) de MM. **Louis d'Or** et **Adam Orzechowski**, présentée par M. Jean Cabannes.

Il est généralement admis de définir la promotion comme une exaltation, en dehors d'une éventuelle stabilisation, de l'activité catalytique d'une substance par l'addition d'une autre substance elle-même inactive ou peu active à l'état isolé.

L'activité catalytique est cependant rapportée d'habitude à l'unité de masse de catalyseur; ainsi mesurée, elle constitue une indication qui présente, certes, une réelle importance pratique, mais qu'il n'est guère possible d'exploiter directement pour l'analyse du mécanisme de la promotion.

A priori, celui-ci peut consister en deux phénomènes essentiellement différents, concomitants ou non : un accroissement de la surface du catalyseur par unité de masse et une amélioration de la qualité de la surface (par exemple, si l'on admet la théorie des centres actifs, une multiplication du nombre de centres actifs par unité de surface).

Nous avons étudié sous cet angle la promotion du nickel par l'oxyde cérique dans la réaction d'hydrogénation du phénol en cyclohexanol.

Après avoir préparé, dans des conditions standardisées par coprécipitation, calcination et réduction, une gamme de catalyseurs Ni-CeO_2 de teneur en nickel allant de 100 à 0 %, nous avons mesuré, pour chacun d'eux, l'activité catalytique rapportée au gramme ainsi que la surface par gramme.

La vitesse initiale d'hydrogénation a été prise comme mesure de l'activité. Rapportée au gramme de catalyseur, cette dernière présente un maximum unique très marqué pour une composition molaire voisine de 50 % de Ni.

D'autre part, la présence du promoteur augmente notablement la surface unitaire du catalyseur (*voir* figure).

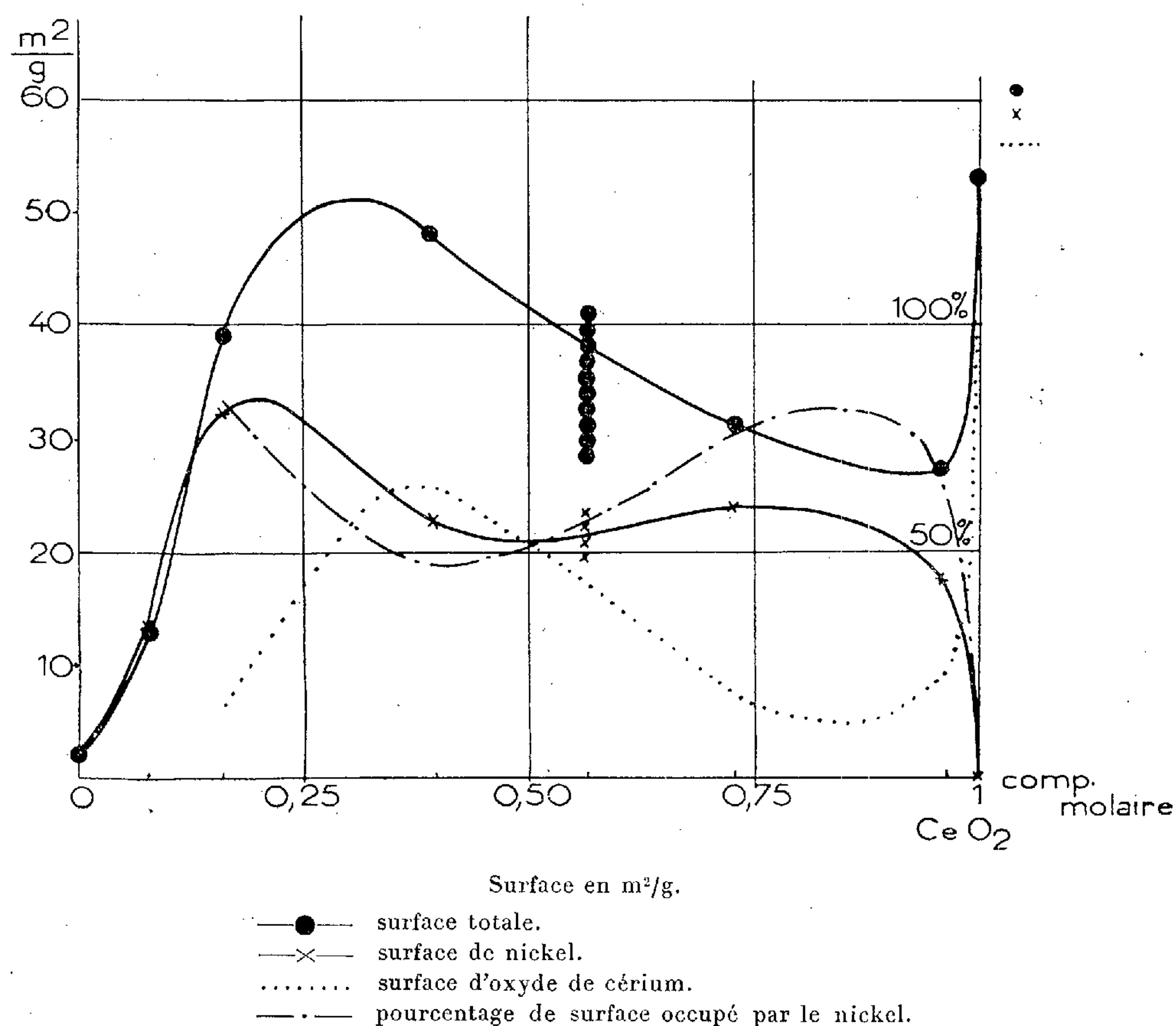
L'activité rapportée à l'unité de surface atteint un premier maximum pour le nickel pur et un second pour 50 % de Ni environ. Le second maximum est plus faible que le premier tout en étant du même ordre de grandeur. Pour les faibles teneurs en nickel (quelques pour-cent),

(*) Séance du 28 juillet 1952.

comme pour l'oxyde de cérium sans nickel, l'activité par gramme est nulle, alors que la surface unitaire est très développée.

Il apparaît donc que le promoteur permet de réaliser des catalyseurs de grande surface unitaire, mais que la qualité de la surface ainsi obtenue est toujours inférieure à celle du nickel pur.

Mais il ne s'agit ici que de la qualité moyenne de la surface, car celle-ci doit être hétérogène, certaines plages étant constituées par de l'oxyde de



Surface en m²/g.
—●— surface totale.
—×— surface de nickel.
.... surface d'oxyde de cérium.
—·— pourcentage de surface occupé par le nickel.

cérium, catalytiquement inactif, d'autres par du nickel. Pour analyser de manière plus complète le rôle du promoteur, il importait donc d'étudier les propriétés des plages de nickel dans les catalyseurs mixtes. C'est ce qu'une circonstance favorable, le fait que, contrairement au nickel, l'oxyde cérique pur, ou l'oxyde céreux qui provient de sa réduction, n'adsorbe pas l'hydrogène, nous a permis de faire.

Par mesure de la capacité d'adsorption de chacun des catalyseurs pour l'hydrogène à la température de la catalyse (180° C) et sous la pression atmosphérique, nous avons déterminé la part de la surface occupée par le nickel (*voir* figure).

Il a ainsi été possible de calculer l'activité catalytique rapportée à l'unité de surface de nickel dans les différents catalyseurs.

Il est apparu :

a. que dans les catalyseurs les plus actifs, l'activité rapportée à l'unité de surface de nickel est comparable à celle du nickel pur;

b. que dans les catalyseurs inactifs à faible teneur en nickel, la fraction de la surface occupée par le nickel est élevée; dans les catalyseurs étudiés, il existe donc une forme inactive de nickel, constituée apparemment par du nickel subamorphe.

CHIMIE MINÉRALE. — *Réactions comparatives de l'arginine et de l'ammoniaque sur le chlorure cobalteux* (1). Note (*) de Mlle **Jeanne Brigando**, présentée par M. Paul Pascal.

Dans une Note précédente, la préparation de deux complexes cobaltiques de l'arginine a été mentionnée (2). D'autre part, Laland et K. Closs ont signalé que les mélanges de chlorure cobalteux et d'arginine prennent une teinte pourpre sous l'action de l'eau oxygénée (3). J'ai remarqué qu'une coloration analogue se produit avec le temps en l'absence d'eau oxygénée. Il m'a paru intéressant d'étudier par la méthode des variations continues, appliquée à l'absorption lumineuse, la réaction ainsi décelée. Que l'on opère avec ou sans H_2O_2 et quelle que soit la concentration, la composition maximum correspond toujours à 2 mol d'arginine pour un atome de cobalt. En présence d'eau oxygénée, la densité optique indépendante du temps augmente avec la teneur en H_2O_2, pour tendre vers une limite atteinte pour 1 cm^3 H_2O_2, 1 V. L. environ, par centimètre cube de mélange C_M 1/25 (4). En l'absence d'eau oxygénée, la densité optique augmente avec le temps, l'évolution est surtout importante dans les premières 24 h.

Les spectres d'absorption des solutions correspondant à la composition maximum sont identiques une fois l'équilibre établi. Ils présentent une bande aux environs de 5400 Å et une inflexion vers 3600 Å (*graph.* 1). On peut en conclure que la réaction produite, soit par oxydation spontanée, soit sous l'action de H_2O_2 est la même. D'autre part, l'étude des mélanges non équi-

(*) Séance du 16 juillet 1952.

(1) Travail effectué avec la collaboration technique de Mme M. Morel.

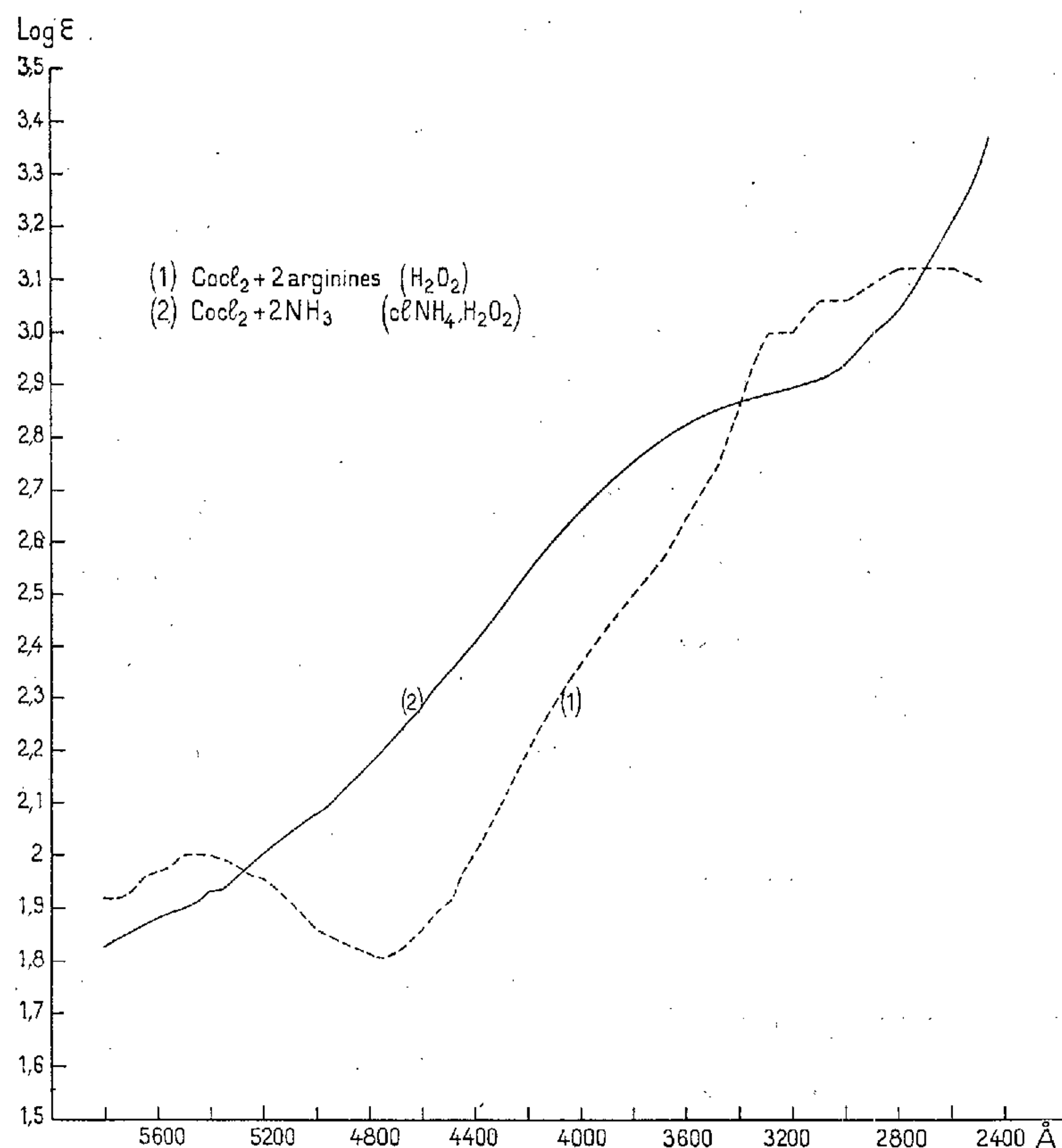
(2) J. Brigando, *Comptes rendus*, 234, 1952, p. 2604.

(3) Laland et K. Closs, *Nature*, 163, 1949, p. 565.

(4) C_M indique la concentration moléculaire de chacun des composants (solutions équimoléculaires).

moléculaires ([5]) montre que le composé Co_{III}-2 arginines est très stable et que la réaction est pratiquement totale.

J'ai repris à titre de comparaison la même étude sur des mélanges de $CoCl_2$, NH_3 et $ClNH_4$. En l'absence de H_2O_2 on n'observe pas de changement de coloration. En présence d'eau oxygénée, les résultats sont tout à fait analogues aux précédents, la composition maximum correspond à 2 NH_3 par atome de Co.



Par contre, le spectre d'absorption n'indique pas de bande dans le visible (*graph.* 2).

Aussi bien pour l'arginine que pour l'ammoniaque, il semble donc qu'un ion cobalt réagit sur 2 mol de la base. La composition des complexes ainsi formés est toute différente de celle des produits isolés précédemment ([2]) ([6]).

([5]) P. JOB, *Ann. Chim.*, 9, 1927, p. 114-203.

([6]) Peut-être se forme-t-il un complexe polynucléaire. On connaît en effet les sels de tricobalt-III-pentol-hexammonio-dihydrine et de tricobalt-III-hexol-hexammine qui renferment 2 mol de NH_3 par atome de Co ([6]).

([7]) *Werner Ann.*, 375, 1910, p. 41 et 140.

CHIMIE MINÉRALE. — *Chromatographie sur papier des oxyacides du phosphore et de l'arsenic.* Note (*) de MM. **Yves Volmar**, **Jean-Pierre Ebel** et **Fawzi Bassili Yacoub**, présentée par M. Paul Lebeau.

Dans de précédentes communications ([1]) nous avons décrit la séparation par chromatographie sur papier des acides ortho, poly et métaphosphoriques. Les résultats satisfaisants obtenus dans ce domaine nous ont incités à étendre cette technique à la séparation et à l'étude des acides phosphorés autres que ceux dérivés de l'anhydride phosphorique, ainsi qu'à celle des acides oxygénés de l'arsenic.

Nous avons recherché la séparation des composés suivants :

a. parmi les oxyacides du phosphore : hypophosphite PO_2H_2Na, phosphite acide PO_3H_2Na, pyrophosphite $P_2O_6H_2Na_2$ (préparé selon la méthode d'Amat ([2]), hypophosphate $P_2O_6H_2Na_2$ (préparé selon la méthode de Cavalier et Cornec ([3]), orthophosphate PO_4HNa_2 et pyrophosphate $P_2O_7Na_2$

b. parmi les oxyacides de l'arsenic : arsénite et arséniate de sodium.

Nous avons utilisé pour cela la technique précédemment mise au point par nous ([1]) : chromatographie ascendante avec papier Whatman n° 4 lavé à l'acide chlorhydrique dilué et à la 8-hydroxyquinoléine; révélation selon la technique de Hanes et Isherwood ([4]); solvants utilisés :

a. solvant acide : isopropanol 75 cm³; eau 25 cm³ acide trichloracétique 5 g, ammoniaque concentrée 0,3 cm³;

b. solvant alcalin : alcool absolu 30 cm³, isobutanol 30 cm³, eau 39 cm³, ammoniaque concentrée 1 cm³.

Nous avons obtenu les résultats suivants :

	R_F ([5]).	
	Solvant acide.	Solvant alcalin.
1. Oxyacides du phosphore :		
Hypophosphite	0,84	0,75
Phosphite	0,86	0,49
Pyrophosphite	0,86	0,66
Hypophosphate	0,48	0,21
Orthophosphate	0,82	0,39
Pyrophosphate	0,61	0,28
2. Oxyacides de l'arsenic :		
Arsénite	0,68	0,40-0,49 (bande allongée)
Arséniate	0,83	0,40

(*) Séance du 28 juillet 1952.

([1]) J. P. Ebel et Y. Volmar, *Comptes rendus*, 233, 1951, p. 415; J. P. Ebel, *Thèse Doctorat ès Sciences Phys.*, Strasbourg, 1951; *Comptes rendus*, 234, 1952, p. 621.

([2]) *Ann. Chim. Phys.*, 24, 1891 p. 289.

([3]) *Bull. Soc. Chim.*, 5, 1909, p. 1058.

([4]) *Nature*, 164, 1949, p. 1107.

([5]) R_F = rapport de la distance parcourue par la substance dissoute à celle parcourue par le front du solvant.

On voit que le solvant acide n'a pas permis la séparation des hypophosphite, phosphite, pyrophosphite et orthophosphate, mais réalisé aisément celle de l'hypophosphate et du pyrophosphate de ces derniers. Avec le solvant alcalin par contre, on obtient la séparation nette de tous les composés phosphorés étudiés ([6]). Les deux solvants séparent les arséniate et arsénite.

L'association des solvants alcalin et acide en chromatographie bidimensionnelle permet de séparer la quasi-totalité des acides oxygénés du phosphore (y compris les poly- et métaphosphates).

On retrouve chez les composés étudiés dans ce travail la relation très nette mise en évidence pour les poly- et métaphosphates entre le poids moléculaire, d'une part, leur structure linéaire ou cyclique, d'autre part, et leur position sur le chromatogramme. C'est ainsi que l'hypophosphite, le phosphite, le phosphate et l'hypophosphate migrent en raison inverse de leur poids moléculaire. Il est remarquable que l'hypophosphate et le pyrophosphate, de structures voisines, se placent à des positions très rapprochées. Une anomalie se présente par contre avec le pyrophosphite, dont la position par rapport aux autres composés phosphorés est aberrante. Son comportement, anormal également au point de vue de ses réactions chimiques, devrait inciter à une étude plus poussée de la structure de ce composé.

Les solvants utilisés n'ont pas permis de séparer les arséniate et phosphate dont l'identité de caractères se retrouve donc en chromatographie. Par ailleurs, les images obtenues avec l'arsénite montrent dans le cas de l'emploi d'un solvant acide, la présence d'une forme condensée (pyroarsénite en particulier) dans celui d'un solvant alcalin, l'existence d'un produit non homogène, ou seraient présents à la fois la forme orthoarsénite et des formes plus condensées.

CHIMIE ORGANIQUE — *Quelques réactions d'hétérocyclisation d'amino-2 cyclanols stéréoisomères*. Note (*) de MM. **Max Mousseron**, **François Winternitz** et M[me] **Magdeleine Mousseron-Canet**, présentée par M. Marcel Delépine.

La conversion des amino-cyclanols en dérivés bicycliques hétérocycliques a été envisagée; la formation d'hexahydrobenzoxazolone par des voies différentes à partir d'amino-cyclanols stéréoisomères a été étudiée. La conservation de la configuration spatiale au cours des divers processus d'hétérocyclisation a pu être mise en évidence.

([6]) Ce travail était déjà effectué lorsqu'à paru une Note de MM. Bonnin et Sue (*Comptes rendus*, **234**, 1952, p. 960) qui relate la séparation des phosphates, phosphites et hypophosphites par une technique voisine de la nôtre. Leurs résultats concordent avec les nôtres.

(*) Séance du 28 juillet 1952.

Nous avons utilisé la réaction de condensation de l'urée avec les amino-2 alcools que récemment Close (¹), Fodor et Kocka (²) ont mise à profit dans la série de l'éphédrine. Nous avons appliqué ces réactions à plusieurs amino-2 cyclanols stéréoisomères. Le cycle cyclohexanique flexible et sans planéité peut ou non montrer une différence dans le comportement *cis-trans*; le cycle en C_5 plus rigide et plan, offre une difficulté quasi prohibitive à la formation de l'hétérocycle *trans*. Dans la série cyclohexanique, le nombre de chaînons de l'hétérocycle ne doit pas être supérieur à 6; en effet l'amino-2 cyclopentanol *trans* et l'(aminoéthyl)-2 cyclohexanol *trans* condensés avec 2 mol d'urée à 185° puis à 225° n'ont donné que des résines vitreuses indistillables.

Dans les mêmes conditions, l'amino-2 cyclohexanol *trans* conduit à une oxazolone *trans* (III, R=H), F 100-102° (³) après chromatographie et sublimation, Rdt 10 % ; il semble que la forme intermédiaire dans cette réaction soit l'urée substituée (II, R=H), F 164-166° (⁴) que l'on obtient avec un bon rendement en faisant réagir le cyanate de potassium, en milieu méthanolique, sur le chlorhydrate de l'amino-alcool. L'urée substituée précédente chauffée avec ou sans urée [*cf.* (¹), (²)], conduit à (III, R=H), obtenu également par action du phosgène sur l'amino-2 cyclohexanol *trans*. L'hydrolyse de (II, R=H) et de (III, R=H), effectuée par l'acide chlorhydrique ou la soude régénère l'amino-alcool *trans*.

L'action du cyanate de potassium sur l'amino-2 cyclohexanol *cis* conduit à l'urée substituée *cis* (II, R=H), F 178-180° dont la pyrolyse engendre (III, R=H) *cis*, F 55-56° (³). L'hydrolyse de ces dérivés conduit toujours à l'amino-alcool *cis*.

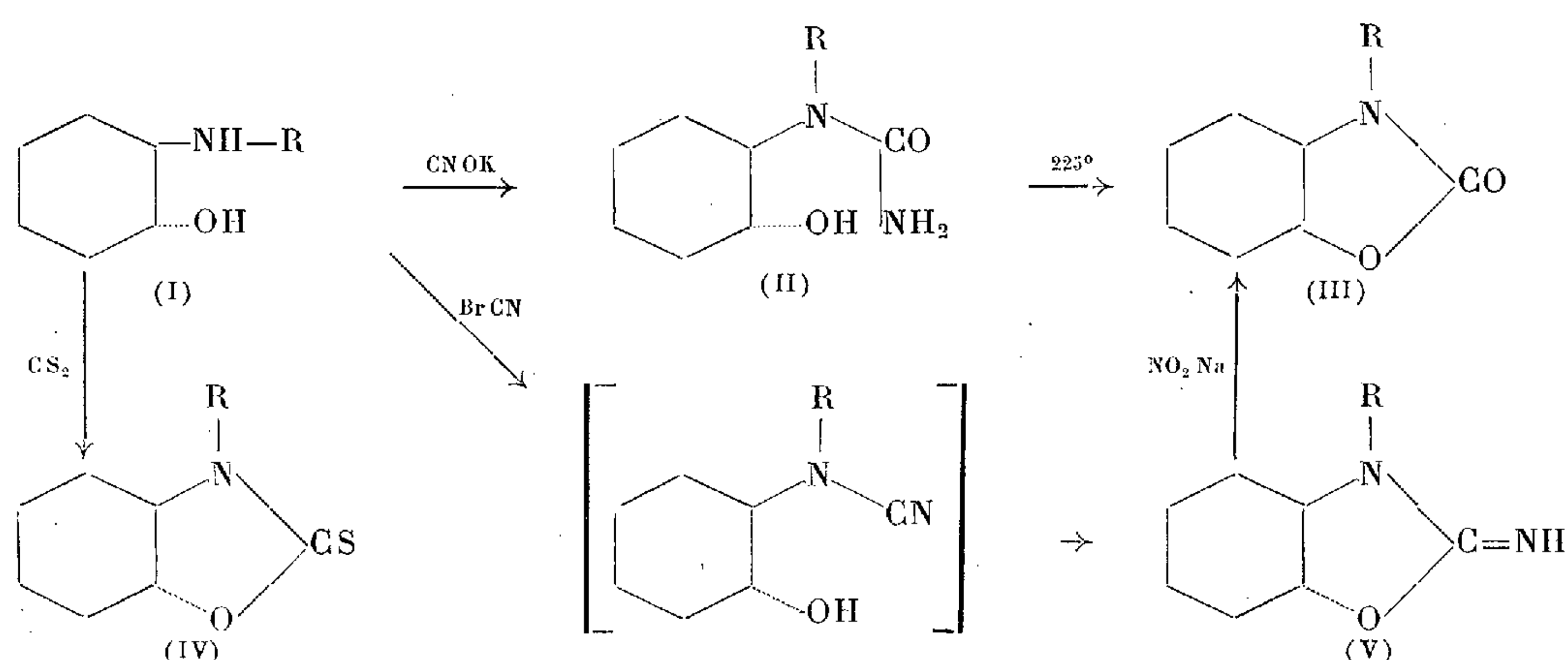
Les N-méthylamino-2 cyclohexanols *cis* et *trans*, par action du cyanate de potassium sur leurs chlorhydrates, donnent naissance aux urées correspondantes, (II, R=CH_3) *cis*, F 94-96° et *trans*, F 159-160° qui, par pyrolyse mènent respectivement à (III, R=CH_3) *cis* liquide et *trans*, F 51-52°. Ce dernier a encore été obtenu par pyrolyse de l'amino-alcool *trans* avec l'urée ou encore par action du phosgène.

L'action du bromure de cyanogène sur le N-méthylamino-2 cyclohexanol *trans* (²) conduit à (V, R=CH_3), (chlorhydrate F 245-248°) qui, traité par du nitrite de sodium donne encore (III, R=CH_3) *trans*.

Le N-méthylamino-2 cyclohexanol *cis*, non encore décrit, est obtenu par la méthode de Johnson et Schubert (⁵), chlorhydrate F 191-192°, dérivé benzoylé F 140,5-142°,5.

(¹) *J. Amer. Chem. Soc.*, 73, 1951, p. 96; *J. Org. Chem.*, 15, 1950, p. 1131.
(²) *J. Chem. Soc.*, 1952, p. 850.
(³) MOUSSERON et JACQUIER, *Bull. Soc. Chim.*, 17, 1950, p. 238.
(⁴) MC CASLAND, *J. Amer. Chem. Soc.*, 73, 1921, p. 2297.
(⁵) *J. Amer. Chem. Soc.*, 72, 1950, p. 2187.

L'hydrolyse des urées et des hexahydrobenzoxazolones *cis* et *trans* correspondant au N-méthylamino-2 cyclohexanol, se fait sans changement de configuration.



Les amino-2 cyclohexanols *cis* et *trans*, traités par le sulfure de carbone, en milieu alcalin ([6]), donnent naissance à (IV, R=H) *cis* F 104-105° et *trans* F 129-130°.

L'aminométhyl-2 cyclohexanol *trans* sous forme de chlorhydrate donne par action du cyanate de potassium l'urée substituée qui par chauffage à 180-230° engendre (VI) F 180-181°. L'aminométhyl-2 cyclohexanol *cis* a été obtenu suivant la méthode de Johnson et Schubert ([5]), dérivé benzoylé F 115-116°, chlorhydrate F 172-174° (déc.).

L'aminométhyl-2 cyclohexanol *trans*, par action du sulfure de carbone en milieu alcalin, conduit au dérivé du type (IV) F 119-121°.



L'action du bromacétate d'éthyle sur le dérivé sodé de l'amino-2 cyclohexanol *trans* conduit à (VII) F 174-175°.

L'action du brome en présence de CH_3ONa sur l'amide de l'acide cyclohexanol-2 carboxylique *trans* F 105° conduit à (III, R=H) *trans*.

([6]) VISCONTINI et ADANK, *Helv. Chim. Act.*, 33, 1950, p. 2251.

CHIMIE ORGANIQUE. — *Sur les polyméthylène bis-carbamates de β-hydroxyéthyle et leurs dérivés.* Note (*) de MM. **Raymond Delaby**, **Pierre Chabrier** et **Henry Najer**, transmise par M. Marcel Delépine.

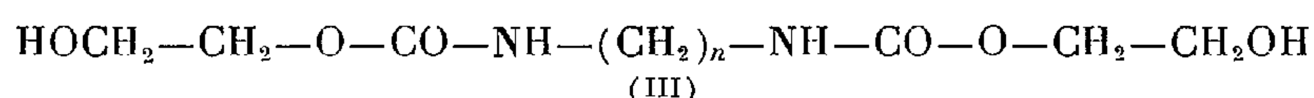
Poursuivant l'étude de β-hydroxyéthyluréthannes ([1]), ([2]) simples (I) ou doubles (II) résultant de l'action respective, soit de l'ammoniaque ou des amines primaires et secondaires, soit de l'hydrate d'hydrazine, sur le carbonate de glycol,



$$R_1R_2N{-}CO{-}O{-}CH_2{-}CH_2OH \quad \text{(I)} \qquad [{-}NH{-}CO{-}O{-}CH_2{-}CH_2OH]_2 \quad \text{(II)}$$

nous avons effectué la même réaction à l'aide des polyméthylène diamines $H_2N{-}(CH_2)_n{-}NH_2$. n étant au moins égal à 2, puisque la méthylène diamine n'est pas encore connue.

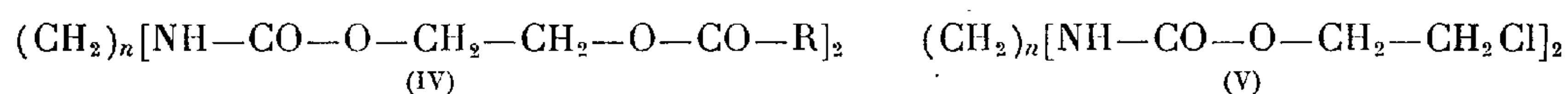
En maintenant en contact à la température ordinaire, sans milieu intermédiaire, une molécule des diamines primaires en question et deux molécules de carbonate de glycol, il y a prise en masse après 48 h environ, ce qui marque le terme de la réaction toujours réalisée avec d'excellents rendements. Les polyméthylène bis-carbamates ainsi obtenus (III) peuvent être purifiés notamment par cristallisation dans l'alcool :



$$HOCH_2{-}CH_2{-}O{-}CO{-}NH{-}(CH_2)_n{-}NH{-}CO{-}O{-}CH_2{-}CH_2OH \quad \text{(III)}$$

Ces composés sont bien cristallisés; leur point de fusion est peu élevé (*voir* tableau ci-dessous); ils sont solubles à froid dans l'eau, dans les alcools méthylique, éthylique, propylique, et insolubles, même à chaud dans le benzène et l'éther de pétrole.

Ils possèdent les propriétés habituelles de l'hydroxyle : estérification par les chlorures ou les anhydrides d'acides, ce qui donne les diesters du type IV; transformation directe en dérivés dichlorés V sous l'action du chlorure de thionyle :



$$(CH_2)_n[NH{-}CO{-}O{-}CH_2{-}CH_2{-}O{-}CO{-}R]_2 \quad \text{(IV)} \qquad (CH_2)_n[NH{-}CO{-}O{-}CH_2{-}CH_2Cl]_2 \quad \text{(V)}$$

Les dérivés diodés VI correspondants sont obtenus par ébullition prolongée des dérivés dichlorés avec un large excès d'iodure de sodium dans l'acétone anhydre. Si l'on traite ces dérivés dihalogénés V ou VI (1 mol.), à froid, par

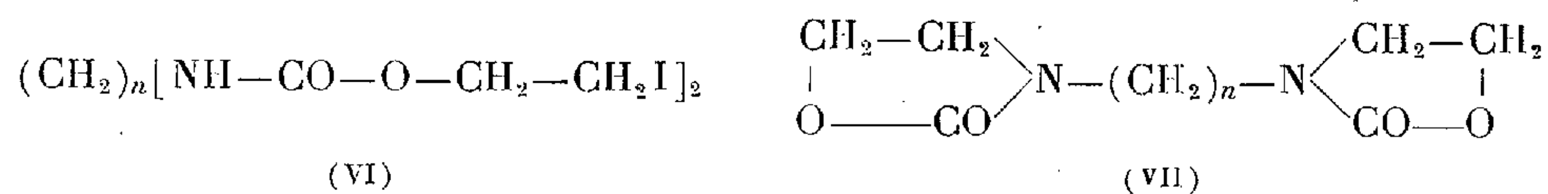
---

(*) Séance du 28 juillet 1952.

([1]) R. Delaby, P. Chabrier, A. Sekera et P. Piganiol, *Comptes rendus*, **229**, 1949, p. 1241; *Bull. Soc. Chim. France*, 18, 1951, p. 392.

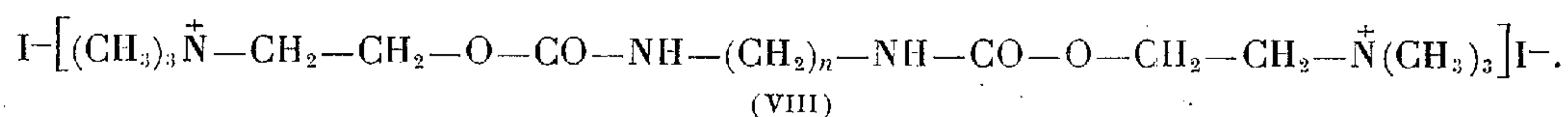
([2]) R. Delaby, P. Chabrier et H. Najer, *Comptes rendus*, **234**, 1952, p. 2374.

l'éthylate de sodium (2 mol.), on isole les *bis*-oxazolidones de formule VII :



Ces composés oxazoliques sont très solubles dans l'eau et dans les alcools méthylique ou éthylique, peu solubles à froid, mais solubles à chaud dans le benzène.

Sur les dérivés diiodés, nous avons fixé les éléments de la triméthylamine en solution acétonique anhydre, ce qui conduit aux bis-iodures d'ammonium quaternaires suivants :



Ce sont des composés amorphes, se décomposant avant de fondre, solubles dans les alcools, insolubles dans l'acétone, le benzène, l'éther de pétrole, l'acétate d'éthyle. La purification se fait par dissolution dans le méthanol anhydre et précipitation par l'acétate d'éthyle. Leurs propriétés pharmacodynamiques sont à l'étude.

Sont indiqués ci-après les points de fusion de quelques dérivés mentionnés dans cette Note :

	Chaîne centrale.			
Dérivés obtenus.	$-(CH_2)_2$	$-CH(CH_3)-CH_2-$	$-(CH_2)_4$	$-(CH_2)_6$
Formule III	90	Non crist.	99	93,5
» V	136,5	94	118,5	112-112,5
» VI	181-183	141	159	150
» VII	107-108	92		

MÉTALLOGRAPHIE. — *Formation d'alliages en couches minces par évaporation dans le vide des constituants purs.* Note de M. **Pierre Michel**, transmise par M. Charles Mauguin.

Dans une Note précédente (1), nous avons montré, par diffraction électronique, qu'en évaporant sous vide simultanément de l'argent et du magnésium, il se formait sur un support en collodion une couche mince d'alliages Ag-Mg présentant les différentes phases de ce système binaire.

Poursuivant l'étude de la formation des alliages par cette méthode, j'ai obtenu les résultats suivants :

(1) S. Goldsztaub et P. Michel, *Comptes rendus*, 232, 1951, p. 1843.

1. *Système* Ag-Sn. — Les couches minces obtenues par évaporation simultanée ont montré les phases suivantes :

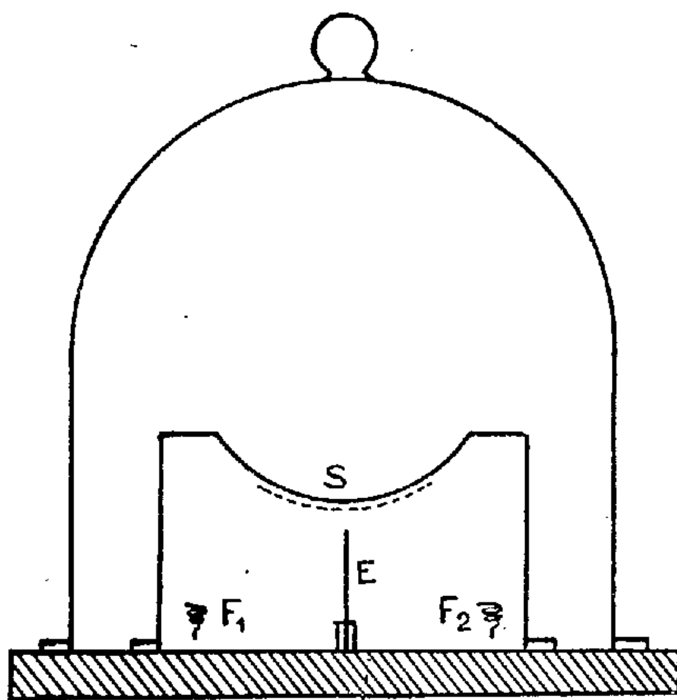
α cube à faces centrées :	$a = 4,15$ Å ;		
ε' orthorhombique :	$a = 2,99$ Å,	$b = 5,15$ Å,	$c = 4,77$ Å ;
Sn quadratique :	$a = 5,82$ Å,		$c = 3,17$ Å.

Valeurs en bon accord avec celles de O. Nial, A. Almin et A. Westgren (²).

Il n'a pas été possible, cependant, de mettre en évidence la phase ε très voisine de la phase ε'.

2. *Système* Au-Cu. — L'évaporation simultanée conduit à une solution solide cube à faces centrées dont le paramètre varie de façon continue avec la composition.

Le dispositif employé comporte un support convexe placé au-dessus des



F_1, F_2 : filaments chauffants; E : écran évitant la contamination des filaments; S : support des grilles recouvertes de collodion.

deux filaments sources de vapeur métalliques; on obtient ainsi une variation continue de la composition dans une même préparation.

Des diagrammes de diffraction d'électrons obtenus le long de cette préparation ont donné les valeurs suivantes des paramètres :

$$a = 4,08\,(\text{Au}); \quad 4,02; \quad 3,78 \text{ à } 3,61\,(\text{Cu}).$$

Les alliages précédents ont été obtenus par évaporation simultanée. L'évaporation successive des deux constituants a montré que, dans le cas des systèmes Ag-Mg et Au-Cu, il n'y a pas formation d'alliage (on évite la contamination mutuelle des deux filaments par un écran convenable). Les clichés de diffraction électronique montrent la coexistence des deux diagrammes des constituants

(²) O. Nial, A. Almin et A. Westgren, *Zeit. Phys. Chem.*, **14**, 1931, p. 81.

purs. Par contre, dans le cas du système Ag-Sn, on obtient toujours des alliages, résultat dû à la constante de diffusion de l'étain qui a une valeur élevée à la température ordinaire.

MINÉRALOGIE. — *Sur la transformation de la covellite, sous l'action du courant, dans un électrolyte unique.* Note de M. **Jean Prouvost**, transmise par M. Charles Mauguin.

Nous avons déjà signalé (1), qu'en plaçant entre deux électrolytes convenablement choisis, un minéral conducteur, celui-ci se transforme lors du passage du courant. De nouveaux minéraux se forment à ses dépens par suite de réactions chimiques dues aux ions provenant de l'anode.

Afin de déterminer la nature de ces phénomènes et de préciser leur mécanisme, nous avons recommencé les expériences précédentes en modifiant les conditions expérimentales; nous avons supprimé l'un des deux électrolytes et réalisé la chaîne simplifiée suivante : $^{-}$Pt/Hg/SM/SO_4M/M^{+}; dans ce schéma toute la partie située à gauche du fragment à étudier est constituée par des conducteurs purement métalliques, par conséquent ne présentant aucune conductivité électrolytique. Le rôle du mercure est d'assurer un contact parfait. Parmi les minéraux qui avaient donné des résultats favorables lors des premières expériences, la pyrite, la chalcopyrite et la bornite ne subissent aucune transformation visible dans ces nouvelles conditions. Après passage du courant, on constate seulement des dépôts électrolytiques épais de métal sur les fragments traités.

En prenant par contre la covellite, CuS, une partie importante du minéral se laisse transformer par action du cuivre, de l'argent ou du fer.

Action du cuivre. — La chaîne utilisée était la suivante : $^{-}$Pt/Hg/CuS/SO_4Cu/Cu^{+}. Les conditions expérimentales sont voisines de celles réalisées dans les expériences à deux électrolytes : tension d'environ 4 V; intensité de l'ordre de 200 mA et solution saturée. Le passage du courant était maintenu pendant quelques jours à la température normale. On constate ainsi qu'il y a une transformation très rapide en chalcocite; en ces quelques jours, environ 1/5 des échantillons traités est modifié comme on a pu le vérifier par comparaison des densités prises avant et après les expériences. Sur des sections polies traversant à la fois la zone transformée et les parties intactes, j'ai pu observer le front d'avancement du phénomène. Au microscope métallographique polarisant on voit en certains endroits une limite nette entre la covellite et la chalcocite, en d'autres au contraire, on assiste au passage graduel ou continu de l'une à l'autre. Parfois des digitations semblent souligner des zones de moindre résistance. La covellite se déco-

(1) *Comptes rendus*, **228**, 1949, p. 255; **229**, 1949, p. 519.

lore de plus en plus et perd en même temps sa forte anisotropie pour aboutir finalement à la chalcocite incolore et faiblement biréflectente. Les propriétés optiques en lumière naturelle comme en lumière polarisée, ainsi que les figures d'attaque, confirment la détermination de ce minéral. D'autre part, son étude aux rayons X, par la méthode des poudres, révèle bien la présence des raies caractéristiques de la chalcocite α de l'Arizona (U. S.) à 2,38; 1,94 et 1,86 Å.

Action du fer. — La solution de sulfate de cuivre a été remplacée par une solution de sulfate ferreux et l'électrode de cuivre par une électrode de fer. Toutes les autres conditions étaient semblables à celles des expériences précédentes. Au cours de l'essai, on constate que l'échantillon se détruit peu à peu; de petits fragments de chalcopyrite tombent au fond du récipient. L'examen microscopique des sections polies faites avec ces fragments montre que le contact est net entre la covellite inchangée et la chalcopyrite. C'est à partir de cette limite que se sont détachées les particules de chalcopyrite. Aux produits signalés s'ajoutent de l'hydroxyde de fer et du fer métallique formés secondairement dans la solution. Nous avons donc séparé la chalcopyrite de ce résidu, et le diagramme X de la poudre ainsi obtenue met bien en évidence les raies à 3,03; 1,86 et 1,59 Å, caractéristiques de ce minéral.

Action de l'argent. — En remplaçant la solution de sulfate de cuivre par une solution de sulfate d'argent, et l'électrode de cuivre par une électrode d'argent et en faisant passer le courant dans les mêmes conditions que précédemment et durant un temps comparable, on constate encore une notable transformation du minéral. Comme dans le cas de l'apport de cuivre, nous avons pu faire des sections polies au travers des échantillons et nous avons observé, au microscope métallographique polarisant, la marche du phénomène, qui s'était déroulé de la même manière. La covellite se décolorait d'abord et les plages finales de teinte blanc-gris et de pouvoir réflecteur moyen n'avaient qu'une action négligeable sur la lumière polarisée.

Le minéral formé possède des caractères microscopiques analogues à ceux de l'argentite. Ce diagnostic a été confirmé par une étude aux rayons X effectuée par de petits fragments prélevés dans ces plages et réduits en poudre. Les raies suivantes de l'argentite ont été relevées : 2,83; 2,59; 2,42; 2,40; 2,19 Å, etc.

Il résulte de ces expériences, ainsi que de celles indiquées dans nos précédentes Notes que les transformations dans lesquelles intervient l'électricité ne sont pas toutes de même espèce. Dans le cas présent, le rôle du courant n'est autre que de réaliser l'apport de métal et de faciliter la réduction, d'ailleurs assez marquée, de la covellite. Par enrichissement en cuivre de ce minéral, on obtient la chalcocite; les composés intermédiaires que

nous avons observés peuvent être assimilés à des sulfures salins et des solutions solides diverses de ces composés, dont certains ont pu être reproduits, mais, il semble qu'aucun ne puisse être identifié à la digénite. Nous n'avons, dans le diagramme X, observé aucune raie de ce minéral. Dans le cas de l'enrichissement en argent, le phénomène est en tous points analogue, mais le soufre libéré par la réduction, se combine à l'argent qui est constamment présent. Il y a perte de cuivre par retour en solution comme l'a montré l'analyse de celle-ci. Dans le cas du fer, le soufre se combine au fer mais en reprenant le cuivre pour donner la chalcopyrite, composé stable et bien défini. Il convient de noter, de plus, que dans les deux premiers cas la transformation n'apparaît pas d'une manière brutale mais semble s'installer par augmentation de concentration du nouveau produit qui se forme au fur et à mesure de la diffusion des ions.

PÉDOLOGIE. — *Observations sur la méthode densimétrique dans l'analyse granulométrique.* Note (*) de Mme **Suzanne Mériaux**, présentée par M. Albert Demolon.

Les techniques de granulométrie continue sont, en raison de leur complexité, inapplicables à l'analyse en série. Nous avons recherché dans quelle mesure la méthode densimétrique peut répondre à cette fin dans l'analyse mécanique des sols.

Le densimètre mesure la masse spécifique moyenne de la suspension correspondant au volume du flotteur. Cette colonne est formée de particules solides de grosseur et de forme différentes, mais aucune classe de ces particules n'est représentée dans sa totalité. Pour simplifier le problème de l'analyse mécanique qui est de déterminer le pourcentage pondéral des grains du système biphasé, on considère le plan de la suspension dans lequel la masse spécifique est exactement celle qui est donnée par le densimètre. En ce « plan de profondeur effective » sont représentées, avec leur concentration initiale, toutes les particules dont les vitesses de chute sont inférieures à h/t (h étant la profondeur du plan donné et t le temps de chute). P. R. Day (1) calcule ce plan pour un densimètre à flotteur cylindrique et suppose qu'il provoque par immersion d'un tel densimètre un allongement uniforme de la colonne de suspension dans la zone de mesure. Or, le mélange des couches de densités différentes occasionné par l'introduction d'un flotteur qui tend à enfoncer les couches supérieures de densité plus faible et à faire remonter les couches inférieures de densité plus élevée,

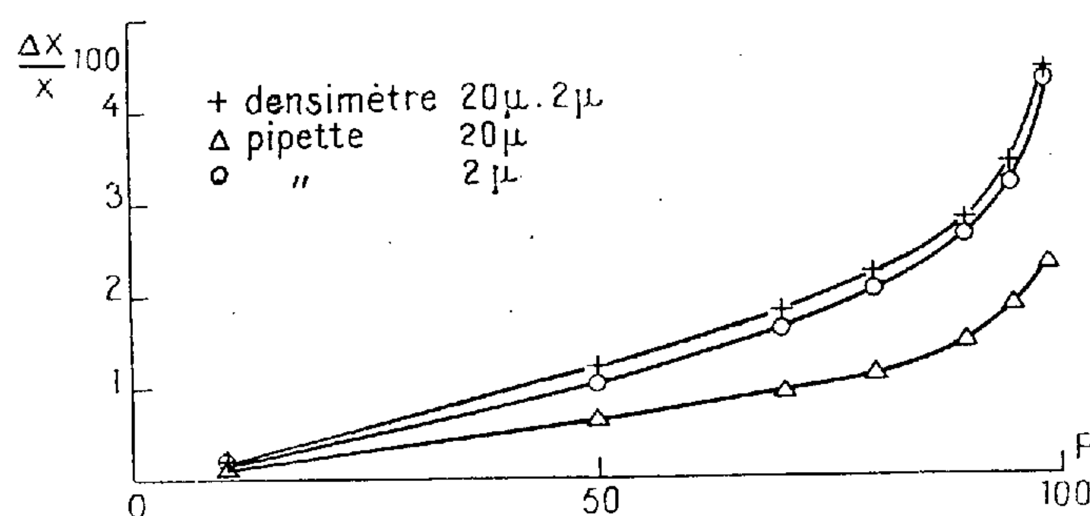
(*) Séance du 28 juillet 1952.

(1) *Soil Science*, 70, n° 5, 1950, p. 363.

modifie pratiquement la relation logarithmique théorique entre la densité et la profondeur.

Nous avons calculé la position du plan de profondeur effective dans le cas du densimètre réel dont la forme cylindro-bi-conique du flotteur a été étudiée en vue de réunir les meilleures conditions pour la sédimentation. Les équations qui permettent de situer ce plan ne sont satisfaites que dans le cas de l'immersion permanente, car l'élévation de niveau provoquée par l'immersion temporaire modifie la relation logarithmique densité-profondeur, en raison de la section non uniforme du densimètre.

Nous avons comparé les résultats obtenus, d'une part par immersion



permanente dans le cas d'un flotteur cylindro-bi-conique et d'un flotteur cylindrique de même section, de même volume et de même centre de volume que le précédent, d'autre part par immersion temporaire du même flotteur cylindrique. La technique d'immersion permanente donne les mêmes résultats, que l'on considère le cylindro-bi-cône réel ou le cylindre qui lui est équivalent. Les résultats obtenus par immersion temporaire sont toujours plus élevés que ceux donnés par l'immersion permanente. Les pourcentages d'erreurs dans les deux procédés par rapport à la méthode de la pipette sont notés dans le tableau ci-dessous (les chiffres des colonnes représentent le nombre de suspensions dont les résultats sont affectés de l'erreur correspondante. Nombre total de suspensions : 12).

		<3%.	3-5%.	5-6%.	6-8%.	8-10%.	>10%.
Immersion permanente.	20 μ	5	5	1	–	–	1
	2 μ	3	3	2	–	1	3
Immersion temporaire.	20 μ	6	1	–	1	2	3
	2 μ	2	3	–	1	1	5

On voit que la meilleure précision par rapport à la méthode de la pipette est donnée par la technique d'immersion permanente.

La probabilité d'erreur de la méthode densimétrique a été étudiée comparativement à celle de la méthode de la pipette par une série de mesures faites sur 30 suspensions identiquement préparées à partir d'un

même limon. Les comparaisons portent sur des particules de grosseur maxima égale à 20 et 2 μ. Les courbes ci-dessus traduisent la relation entre P et l'erreur relative (P = nombre de chances sur 100 pour que le résultat soit compris entre la valeur moyenne $\overline{X}$ et $\overline{X} \pm ts$. — s = écart type et t d'après la table de Fischer). Elles montrent que l'erreur faite avec le densimètre est la même pour 20 et 2 μ et voisine de l'erreur faite avec la pipette pour 20 μ. Quant à la précision donnée par la méthode de la pipette pour 20 μ, elle est supérieure à celle de la méthode densimétrique. Néanmoins, l'erreur qui affecte cette dernière est toujours inférieure à 4,5 %.

En conclusion, la méthode densimétrique est comparable à la méthode de la pipette quant à sa précision et sa fidélité pour les parties fines. Elle est un peu moins précise pour les particules de 20 μ, mais l'erreur qu'elle comporte reste dans des limites acceptables.

GÉOLOGIE. — *L'évolution des éboulis littoraux de la Provence métamorphique* (*du Cap Sicié au Cap Nègre*). Note de M. **Jean-Joseph Blanc**, transmise par M. Pierre Pruvost.

Les reliefs littoraux de la Provence métamorphique sont caractérisés par d'importants éboulis de piedmont résultant de l'altération des phyllades, micaschistes et gneiss. La mise en place de ces formations détritiques s'effectue après un transport relativement court aboutissant à un éboulis caillouteux. La matrice est un limon argileux. Ainsi, le matériel dû au lessivage se dépose en « nappes » sur les versants. Il nous a été possible de préciser l'existence de plusieurs nappes d'éboulis de piedmont d'âges différents :

1° La phase la plus ancienne de ce complexe ébouleux est antérieure à la transgression flandrienne. Cet éboulis recouvre les versants correspondant à une ancienne topographie et dont les témoins résiduels constituent encore les isthmes du Langoustier, à Porquerolles (J. Bourcart, 1951) et des Sablettes, à Saint-Mandrier. Partout, sur le littoral, ces éboulis correspondent à une topographie en rapport avec un niveau marin vers — 25 m. L'étude des côtes calcaires et gréseuses confirme ce point de vue.

2° Une deuxième phase correspond à l'érosion de ces éboulis par des lignes préférentielles de creusement déterminant des chenaux. *Ces chenaux d'érosion se prolongent sous la mer jusqu'à* — 25 m autour du piedmont du Cap Sicié et ravinent même la plage fossile de Sanary attribuée par E. Bonifay au Tyrrhénien II. Dans ces éboulis érodés, exploités à La Coudourière, près Sanary, H. Parent a trouvé une industrie lithique

qu'il attribue au Moustérien. L'érosion de ces piedmonts s'accompagnerait encore de la formation des basses terrasses de la Reppe, mais cette dernière manière de voir demande à être précisée.

3° L'érosion des piedmonts de Sicié, de Saint-Mandrier, de Giens, des Iles d'Hyères et des Maures est suivie d'un remblaiement correspondant au relèvement du plan d'eau de la transgression flandrienne. Ce relèvement s'est effectué jusqu'au zéro actuel, peut-être très légèrement au-dessus en certains endroits. L'on aboutit au contour actuel du littoral, aux modifications près dues à la présence des herbiers de Posidonies colmatant les canaux d'érosion, à leurs « lagunes » (étudiées par R. Molinier et J. Picard, 1951) (1), à la présence de marais sub-actuels et à l'érosion de la côte. Les isthmes des Sablettes et du Langoutier se dessinent; la transgression correspond à une phase de remblaiement de tous les chenaux d'érosion entaillant l'éboulis ancien. Le fait est absolument général pour tout le littoral, jusqu'aux calanques et au Cap Couronne. Les sillons d'érosion sont colmatés par les limons flandriens dont le faciès reste particulièrement homogène sur plus de 250 km de côtes. Cette action de colmatage se continue bien après la transgression proprement dite, le faciès de ces limons post-flandriens étant à peu de choses près le même que celui des limons sous-jacents. Cependant, la distinction entre les deux limons se fait aisément, car j'ai observé à Giens un kjokkenmoëding à céramique Enéolithique et de l'âge du Bronze à leur limite. A Port-Cros (plage du Sud), il s'agit d'un kjokkenmoëding à *Nassa* tandis qu'à la Madrague de Giens, ces formations sont riches en *Trochocochlea*. Ces amas coquilliers contiennent des bandes et des foyers lenticulaires à débris charbonneux, *à la limite* des limons flandriens et post-flandriens. Au-dessus, dans les limons post-flandriens, se retrouve partout sur le littoral métamorphique, un niveau à céramique romaine et de la Tène. Ce niveau très caractéristique est visible à Giens, sur la côte de La Redonne, à la Tour Fondue (four antique à la plage du Pradeau), à Sanary (Vieille-Batterie), etc. Actuellement, la mer vient lécher la base du four romain de la Tour Fondue, mais il ne s'agit ici que de l'action particulièrement rapide de l'érosion marine dans les remplissages meubles du post-flandrien.

Nous n'avons aucun renseignement sur les éboulis antérieurs aux séries de la Coudourière. Il semble qu'un lessivage intense (correspondant à la régression chelléenne ?) ait enlevé la plupart des anciens témoins. D'autre part, les formations dures de silicoaluminates concrétionnés qui constituent de très bons repères sur les côtes calcaires et dolomitiques sont rigoureusement absentes sur les côtes métamorphiques.

---

(1) *Comptes rendus*, 233, 1951, p. 1212.

GÉOLOGIE. — *Structure et stratigraphie du Nord du Fezzan (Libye).* Note de MM. **Jean-Michel Freulon** et **Jean Philippe Lefranc**, transmise par M. Pierre Pruvost.

Le Nord du pays fezzanais comprend un important relief, le Jebel Fezzan, autour duquel viennent s'ordonner les plateaux gréseux des Gargafs à l'Est et à l'Ouest, la Hamada el Homra au Nord et le Jebel Soda au Nord-Est. La dépression du Chati, allongée d'Est en Ouest, se creuse au Sud de toute cette région.

Le Jebel Fezzan, dénommé Jebel Hasaouna par les indigènes, est l'ensemble montagneux qui s'étend de la latitude 26° 50′ à la latitude 27° 45′ suivant le 14° méridien. Ce massif était jusqu'à présent considéré comme une annexe du Crétacé supérieur de la Hamada el Homra recouvert par les épanchements basaltiques du Jebel Soda. Deux récents itinéraires (février et avril 1952) nous ont, au contraire, révélé un dôme de grès primaires disloqué par de grandes failles amenant au jour les granites du socle. Un cortège de filons éruptifs et quelques coulées ont accompagné la mise en place de cette structure.

Les granites apparaissent au cœur du dispositif par des boutonnières de dimensions réduites, alignées du Nord au Sud, depuis le début de l'Ouadi Aramas jusqu'au Jebel Guettar et à l'Ouadi Bedran supérieur. Il s'agit le plus souvent d'un granite à biotite et grands plagioclases donnant une structure porphyroïde; parfois d'un granite à muscovite et quartz. Ils sont traversés de nombreux filons de pegmatite à muscovite, tourmaline et grenat. La partie supérieure des granites, portant la couverture paléozoïque, est irrégulière, mamelonnée, et présente un faciès altéré avec des traces notables de rubéfaction. Il existe en outre dans le granite de Bedran plusieurs écailles de schistes métamorphiques.

C'est l'un des affleurements de cristallin les plus septentrionaux du Massif Central saharien.

La série gréseuse débute par un lit de galets de quartz enduits de limonite et noyés dans un grès fin fortement cimenté. Ensuite se succèdent, sur 300 m d'épaisseur environ, des grès plus ou moins grossiers, à stratification entrecroisée, avec quelques niveaux d'argiles grises feuilletées et des psammites souvent ferrugineux. Aucun élément ne permet de dater la base de ces grès qui pourrait, par son faciès, se rattacher cependant à l'Ordovicien de l'enceinte tassilienne. Par contre, l'appartenance des termes moyens et supérieurs de cette série aux grès dévoniens des Gargafs est évidente, et se confirme par la découverte de *Harlania* dans les niveaux supérieurs de la bordure méridionale du massif, en amont de l'Ouadi Zigza. Il est intéressant de constater la disparition du Gothlandien argileux à Graptolites connu plus à l'Ouest (Bir el Gasr).

La structure allongée du Jebel Fezzan est hachée par tout un réseau de failles de directions N-S et OSO-ENE. Au Sud, en bordure du Chati, une grande flexure fait disparaître les grès du Jebel sous la série carbonifère.

Granites et grès sont traversés de très nombreux pointements, dykes et sills, de roches dont certaines ont coulé sur les grès pénéplanés. Elles sont de types très divers puisque l'on y trouve à peu près tous les termes allant des phonolites et dolérites jusqu'aux micro-

gabbros et syènites néphéliniques (déterminations dues à P. Bordet). La plupart des échantillons contiennent plagioclases, néphéline et eudyalite. Cet ensemble, d'un grand intérêt par son caractère hypersodique, est à comparer aux séries pétrographiques du Sud marocain, de l'Adrar des Iforas et du Jebel Aouénat.

Il ne nous est pas encore possible de dater avec précision ces manifestations volcaniques. D'ailleurs, plusieurs épisodes éruptifs ont dû se succéder; les premières phases pourraient être d'âge hercynien, tandis que d'autres seraient sans doute contemporaines du volcanisme post-crétacé du Jebel Garian, situé en Tripolitaine à 400 km plus au Nord. Enfin, dans le Nord du Jebel Fezzan, les basaltes oligocènes de la bordure Sud-Ouest du Jebel Soda recouvrent les calcaires du Crétacé terminal de la Hamada et les premiers contreforts des grès primaires.

Nous ne ferions pas mention des ressources hydrogéologiques de cette région si le rôle tenu par le Jebel Fezzan avait été connu à sa vraie valeur. Mais on a ignoré la pluviosité relativement assez forte de ce massif, directement en rapport avec son altitude jusqu'ici insoupçonnée (certains sommets doivent dépasser 1 100 m), et capable de fournir un important apport aux eaux artésiennes du Chati. La découverte, en outre, de plusieurs suintements hydrothermaux sodiques au Guettar, en plein cœur du massif, est, pensons-nous, de nature à éclairer en partie la génèse du natron des lacs de la Ramla Daouda (Erg d'Oubari).

L'hypothèse énoncée par T. Lipparini en 1937 (¹) se révèlerait donc comme la plus vraisemblable. Des eaux juvéniles chargées en carbonate de sodium ont donné des dépôts natronés (de tels gîtes primaires liés au thermalisme existent au Tibesti, signalés par Nachtigal en 1879 et par Dalloni en 1934); le ruissellement les a entraînés par la suite jusque dans l'Erg d'Oubari où ils constituent des gîtes secondaires. Ces eaux proviennent, à notre avis, non pas du Jebel Soda, mais bien du Jebel Fezzan, les sources du Guettar en sont le témoignage.

L'exploration du Jebel Fezzan, menée à l'écart des pistes fréquentées, donne une physionomie nouvelle à la géologie de cette région. Elle nous révèle un véritable *Tassili* tout à fait en marge du domaine tassilien.

Mentionnons un accident du même genre, mais de moindre envergure à 100 km plus à l'Ouest, entre Edri et Aouinet-Ouennine.

BOTANIQUE. — *Sur les « feuilles soudées en cornet » du* Linum usitatissimum *L.* Note de M. **Lucien Plantefol**, présentée par M. Roger Heim.

La formation d'un cornet foliaire est la conséquence non d'une soudure de feuilles préformées, mais d'un développement foliaire simultané de tout l'anneau initial.

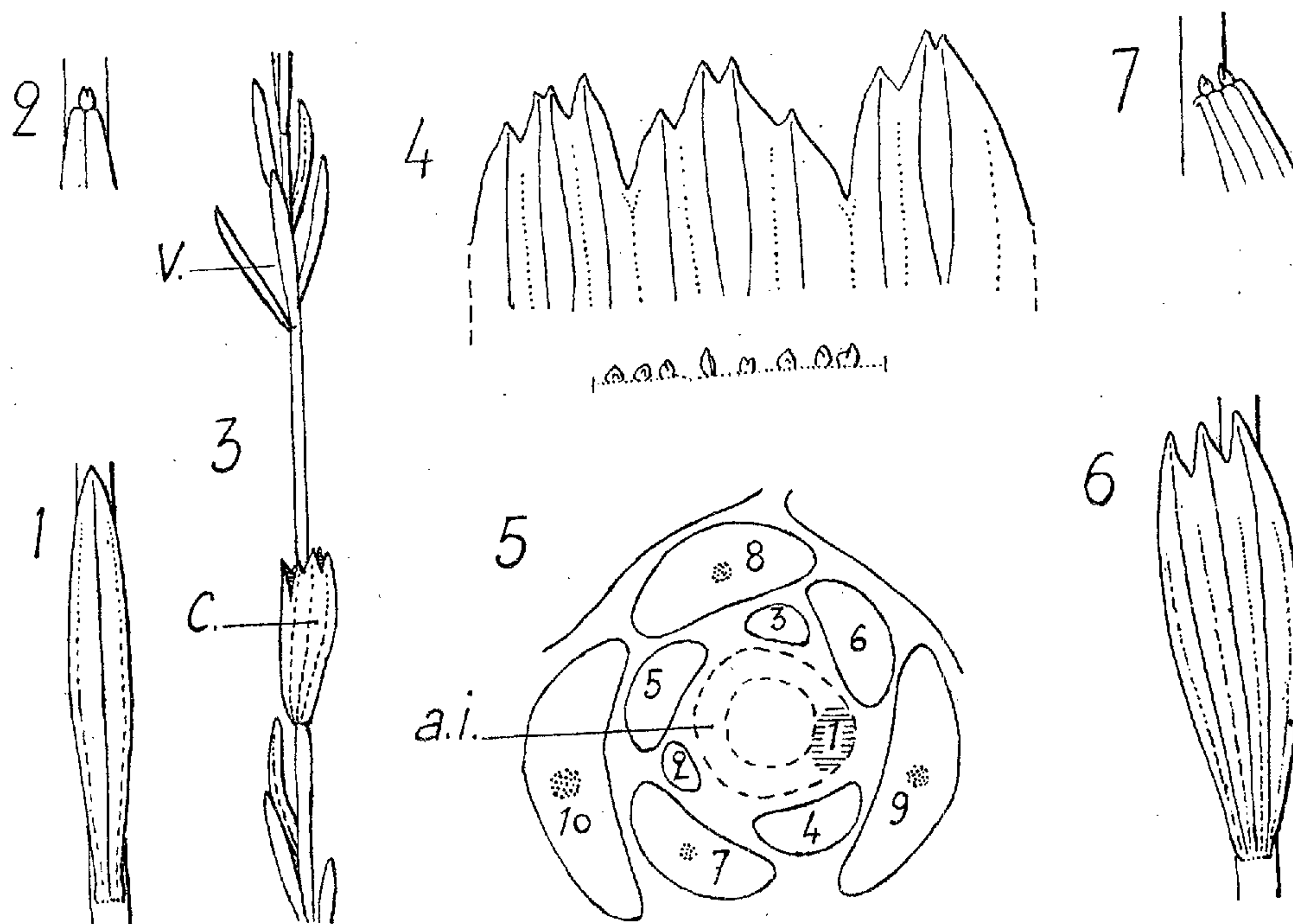
Il m'a été donné d'étudier des échantillons de *Linum usitatissimum* L.

(¹) *Atti III, Cong. Studi Colon.*, vol. V, p. 198-201, Firenze 1937.

provenant d'un champ qui ne fut pas traité par des herbicides, mais où furent portées par le vent les pulvérisations destinées à des blés voisins. L'agent chimique a été identifié par M. Gautheret, d'après les réactions du Lin, comme l'ester éthylique de l'acide 2.4 dichlorophénoxyacétique.

L'anomalie la plus fréquente est une sorte de cornet soudé à la tige par sa pointe inférieure, ouvert à son bord supérieur, découpé d'un certain nombre de dents. Cette formation n'a pas été décrite par les tératologistes classiques. Dès 1949, Bouillenne (¹) signalait l'avoir obtenue plusieurs fois avec le 2.4 D, sans préciser sur quelles plantes.

La feuille normale du *L. usitatissimum* (*fig.* 1 et 2), sessile, linéaire,



Linum usitatissimum L. — 1. Feuille normale (× 2). — 2. Bourgeon axillaire d'une feuille normale. — 3. Tige montrant un cornet foliaire *c*, une partie sans feuilles, puis un pseudo-verticille de 3 feuilles, *v*. (×0,7). — 4. Bord denté du cornet foliaire (×3), et bourgeons situés à la base du cornet. — 5. Coupe transversale du bourgeon terminal au niveau du point végétatif; *a. i.*, anneau initial; 1. initium en formation dans l'anneau initial; 2 à 6, primordiums foliaires; 7 à 10, ébauches foliaires avec faisceau de procambium. Une hélice foliaire comporte les feuilles 10, 7, 4 et 1. — 6. Feuille modifiée isolément par l'action du 2.4 D. — 7. Bourgeons axillaires de cette feuille.

est terminée par une pointe et comporte une nervure médiane forte et deux faibles nervures latérales. La relation entre feuille normale et cornet foliaire est évidente. Le bord du cornet présente (*fig.* 4) un nombre de *pointes* voisin de 9, généralement réparties en trois groupes à peu près égaux par des indentations plus profondes. A chacune des pointes parvient une

(¹) *Colloque Int. Morphogénèse*. In *Ann. Biol.*, **26**, 1950, p. 461.

nervure forte; des nervures faibles sont intercalées. En face de presque toutes les nervures principales se trouvent des *bourgeons axillaires.* On pourrait donc imaginer qu'on est en présence de feuilles antérieurement apparues isolément, puis soudées, au nombre de 9 en moyenne, sous l'action de l'hormone. Le cornet comprendrait plus que l'ensemble des jeunes feuilles qui, à l'état de primordiums, entouraient le point végétatif (*fig.* 5, feuilles 2 à 6) au moment de l'action de l'hormone. Il faudrait toutefois qu'il y ait eu déplacement des bourgeons axillaires, maintenant alignés sur une circonférence.

Les plus légères actions réalisées par l'herbicide suggèrent une toute autre interprétation. On trouve sur certaines tiges des feuilles à 2 *pointes* et 3 *pointes* (*fig.* 6 et 7) présentant 2 ou 3 nervures fortes et 3 ou 4 nervures faibles intercalées. A l'aisselle de ces feuilles anormales, on peut avoir un bourgeon comme à l'aisselle d'une feuille normale, mais plus souvent 2 ou 3 bourgeons, le nombre de ceux-ci n'étant jamais supérieur à celui des nervures fortes. On pourrait penser à la *soudure* de 2 ou 3 feuilles, d'âge nécessairement différent, occupant des secteurs voisins auprès du point végétatif, par exemple feuilles 6, 1 et 4 sur la figure 5. Mais cette soudure imposerait une forte perturbation de l'*ordre phyllotaxique*; or la régularité phyllotaxique de la tige, qu'on l'interprète en spirale fondamentale avec K. Esaü ([2]), ou en hélices foliaires avec mon élève A. Carton ([3]), n'est pas altérée. Tout donne à croire que l'action sur *un seul primordium foliaire* ou sur *le secteur de l'anneau initial* qui commençait sa croissance foliaire (initium 1, *fig.* 5) a accru la largeur de la lame, a fait se développer plus d'une pointe et suscité, en relation avec ces faits, la formation de plusieurs bourgeons axillaires.

On pensera que le développement d'un cornet marque la réaction de *l'anneau initial* tout *entier* à la présence de l'hormone. Sans doute la croissance a-t-elle porté à la fois sur ce qui était à l'état d'initium dans l'anneau initial (une ou deux feuilles tout au plus) et sur le reste de l'anneau initial qui se trouvait soit dans la phase de repos, soit dans la phase de réparation après isolement d'un primordium foliaire.

Enfin, cette réaction annulaire est localisée dans le temps : l'anneau initial, épuisé en quelque sorte, ne reprend pas de suite son fonctionnement foliaire; du cornet, la tige émerge par une longue portion sans feuille.

Ainsi ce cornet foliaire n'est pas dû *à une soudure de feuilles préformées*, mais, *réaction globale de l'anneau initial*, normalement générateur de feuilles isolées, successives, occupant des secteurs étroits de cet anneau, il est seulement *équivalent* de feuilles qui se seraient soudées.

([2]) *Amer. J. Bot.*, 29, 1942, p. 738-747.

([3]) *Rev. Gén. Bot.*, 55, 1948, p. 137-168.

MORPHOLOGIE CAUSALE. — *Les départs de bourgeons axillaires sur la partie moyenne des pousses. Étude d'une plante herbacée :* Cicer arietinum *L. Comparaison avec les « rameaux anticipés » des végétaux ligneux.* Note de M. **Paul Champagnat**, présentée par M. Raoul Combes.

Abstraction faite de la présence de fleurs, les rameaux latéraux de la partie moyenne des tiges de *Cicer arietinum* L. sont parfaitement comparables à des « rameaux anticipés » de végétaux ligneux. Comme pour ces derniers, la levée d'inhibition ne peut être expliquée par des théories auxiniques classiques mais requiert la considération de vitesses de croissance élevées.

Dans la partie moyenne des pousses de *Cicer arietinum*, les bourgeons échappent à l'inhibition apicale et se développent en rameaux longs. Cette zone de levées d'inhibition, intercalée entre deux groupes d'axillaires dormants, rappelle beaucoup les « rameaux anticipés » des végétaux ligneux.

Sur ces derniers, j'ai montré récemment (1), (2) que :

1° Des comparaisons interspécifiques permettent de retrouver l'idée classique d'un lien entre une inhibition intense et une abondante production d'auxine. Par exemple, *Betula papyrifera* Marsh. qui normalement ne présente pas de rameaux anticipés est, toutes choses égales d'ailleurs, 4 à 8 fois plus riche en auxine (libre et diffusible) que *Betula verrucosa* Ehrh., sur lequel les levées d'inhibition sont très fréquentes.

2° L'étude détaillée du déterminisme des croissances anticipées sur une même plante prouve au contraire que *les rameaux sur lesquels l'inhibition est la moins forte sont ceux qui ont la croissance la plus rapide et non ceux dont la teneur en auxine est la plus faible.* Ces pousses très ramifiées sont en effet presque toujours les plus riches en substance de croissance.

Ces résultats prouvent que deux mécanismes interfèrent pour déterminer l'inhibition ou la non inhibition d'un bourgeon.

Le cas présent de *Cicer arietinum* est-il assimilable à celui des « anticipés » des ligneux ?

Je puis dès à présent affirmer que :

1° *L'apparition de ces levées d'inhibition est liée à une importante augmentation de la vitesse de croissance.* Corrélativement, les bourgeons dormants situés plus bas ont pris naissance pendant une période d'allongement relativement lent. Ainsi l'allongement qui a coïncidé avec l'apparition des premières ramifications a été de 42,4 cm $\pm$ 2,2 (3) pour une période de trois jours (4) (moyenne des mesures de croissance de 50 plantes).

---

(1) P. Champagnat, *Ann. Biol.*, 26, 1950, p. 763.

(2) P. Champagnat, Diversité des mécanismes de corrélation chez les végétaux. *Thèse Sc.*, Strasbourg, 1952 (non encore imprimée).

(3) Écart type sur la moyenne (erreur à craindre).

(4) Les mesures très précises ont été réalisées tous les 3 jours : pendant cet intervalle, les méristèmes apicaux engendrent une ou au maximum deux feuilles. Il m'a donc été possible de suivre à tout moment l'évolution de chaque axillaire.

Pendant les trois jours précédents, j'avais noté au contraire 27,6 cm ± 1,0 avec uniquement naissance d'axillaires inhibés. De plus, tout rameau faible n'ayant jamais atteint les vitesses nécessaires (12 à 15 mm par jour), ne produit jamais de rameaux anticipés.

Sur ce point, *le parallélisme avec les végétaux ligneux est donc excellent.*

2° De plus, les bourgeons qui vont évoluer en ramifications latérales sont reconnaissables déjà très près du sommet, à l'aisselle de feuilles encore très petites : par exemple sur 100 bourgeons mesurés à 5 mm du sommet et à l'aisselle de feuilles de 12 à 15 mm, j'ai obtenu en moyenne 6,6 mm ± 0,9 pour les futures levées d'inhibition et seulement 0,81 mm ± 0,1 pour les bourgeons dormants. A 15 mm du sommet les longueurs moyennes étaient respectivement de 13,2 mm ± 1,5 et de 0,9 mm ± 0,1. Le gonflement des axillaires, lorsque la vitesse de croissance est assez grande, débute donc dans le méristème apical lui-même, c'est-à-dire *dans la zone qui, chez les plantules de légumineuses au moins, est de beaucoup la plus riche en auxine* : j'ai pu le vérifier pour *Cicer*, comme Thimann et Skoog [5] pour *Vicia*, et Ferman [6] pour *Lupinus*. Ce fait est évidemment défavorable à l'idée d'un déterminisme auxinique de ces levées d'inhibition. Au contraire, *le comportement du pois-chiche est, sur ce point encore, identique à celui des végétaux ligneux* [2].

3° Il existe cependant une différence entre *Cicer arietinum* et les ligneux déjà étudiés : les rameaux herbacés de ces derniers restent végétatifs pendant toute leur croissance. Le pois-chiche, au contraire, espèce annuelle, fleurit avant d'achever son cycle de végétation. Les fleurs sont uniquement axillaires et leur formation interdit du même coup toute ramification car les bourgeons surnuméraires, axillaires des pédoncules floraux, ne se développent qu'en cas de pincement du sommet. Or, au moment de l'apparition des premières fleurs, la vitesse de croissance est au moins aussi grande que lors des levées d'inhibition. Elle ne se ralentit que peu avant l'arrêt définitif de toute activité apicale. Il faudrait donc réussir à éviter la mise à fleurs (si celà est physiologiquement possible) pour savoir si des levées d'inhibition remplaceraient des premières fleurs et des bourgeons dormants les dernières [7].

Nous pouvons donc, pour conclure, affirmer que les départs de bourgeons au milieu de la pousse de *Cicer arietinum* L. comme la « ramification

---

(5) *Proc. Roy. Soc.* London, B 114, 1934, p. 317.

(6) *Rec. trav. bot. Néerland.*, 35, 1938, p. 177.

(7) On pourrait songer à tenir les fleurs pour responsables des levées d'inhibition aux nœuds situés plus bas (fait d'observation banal sous les inflorescences terminales). Mais ici on constate que la floraison d'un rameau à croissance lente n'entraîne aucun départ de bourgeon.

anticipée » des végétaux ligneux, présentent les caractères suivants qui *exigent l'appel à des facteurs autres que les actions auxiniques* :

1° Origine précoce des levées d'inhibition au sein même des tissus les plus riches en auxine;

2° Solidarité avec des périodes de croissance très active, vraisemblablement liées à une abondante production d'hormone de croissance.

CYTOLOGIE VÉGÉTALE. — *Réduction plastidale et dédifférenciation au cours de l'hyperplasie du tissu palissadique de la feuille de Hêtre sous l'action cécidogène d'*Oligotrophus annulipes *Htg.* Note (*) de M. **Jean Meyer**, transmise par M. Louis Blaringhem.

Lors de la cécidogenèse de la galle d'*Oligotrophus annulipes*, l'hyperplasie du tissu palissadique s'accompagne d'une régression du plastidome qui peut revêtir deux aspects : 1° au niveau du bourrelet périphérique, inhibition de la division plastidale et partage des chloroplastes de la cellule mère entre les cellules filles; 2° dédifférenciation plastidale dans la région de l'épiderme endogène pilifère.

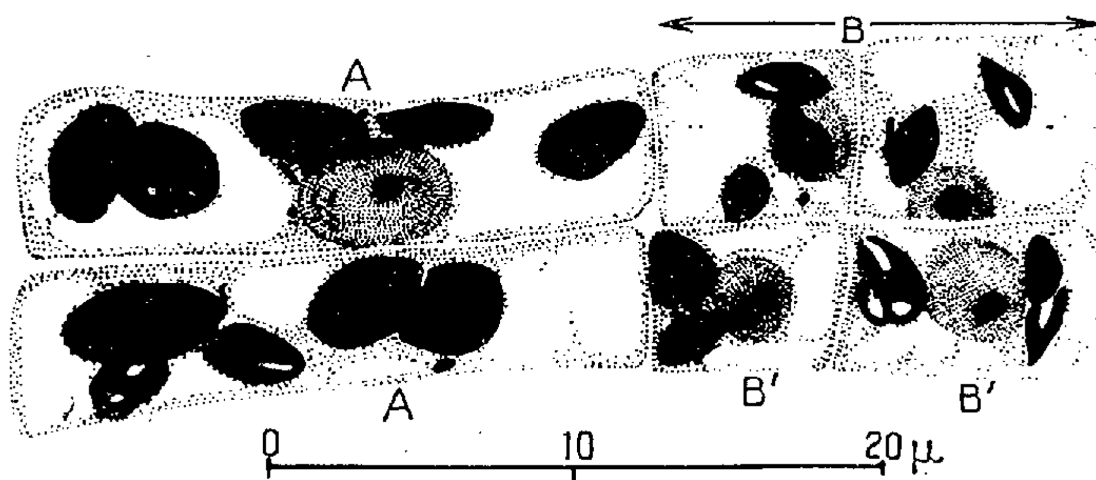
Après enveloppement de la larve d'*Oligotrophus annulipes* à la face inférieure de la feuille de Hêtre, on observe des phénomènes de croissance différentielle très curieux; leur résultat, décrit par Fockeu [1], est une hyperplasie mésophyllienne périphérique soulevant et décollant l'épiderme supérieur au-dessus du mésophylle qui surplombe la cavité larvaire. La lacune circulaire laissée entre ce mésophylle et l'épiderme est bientôt comblée par un épais feutrage de poils endogènes, issus de la prolifération du tissu palissadique. Je décrirai ici l'évolution cytologique du tissu palissadique qui, déjà très différencié au moment de l'attaque, jouera ensuite un rôle multiple soit dans le soulèvement de l'épiderme, soit dans la formation des poils endogènes.

1. *Tissu palissadique du bourrelet périphérique soulevant l'épiderme.* — Les cellules du tissu palissadique subissent des recloisonnements périclinaux créant des piles cellulaires dont les cellules basales sont généralement plus longues que celles produites vers le sommet. Les cellules basales présentent de gros chloroplastes, celles du sommet ont des chloroplastes plus petits, mais se sont enrichies en tanin et leur membrane devient soudanophile. Si l'on compte sur des coupes les chloroplastes dans les diverses couches cellulaires après la 2e ou la 3e division, on constate un appauvrissement net du nombre des chloroplastes dans les couches supérieures comme le montre la figure ci-dessous.

(*) Séance du 28 juillet 1952.

(1) *Recherches anatomiques sur les galles* (*Thèse, Sc. Nat., Paris* 1896).

La première division en A et B des cellules palissadiques est normale. Elle conserve dans chacune des deux cellules filles le stock de chloroplastes de la cellule mère. La cellule supérieure B va se recloisonner à un rythme accéléré et si nous comptons les chloroplastes dans les cellules B′, B′ qui en dérivent, nous remarquons que leur somme correspond à peu près à celle des chloroplastes de la cellule sœur A. Ceci ne peut s'expliquer que par une inhibition de la division plastidale prémitotique et un partage plus ou moins inégal des chloroplastes de la cellule mère dans les cellules filles. Les divisions ultérieures sont généralement du type à répartition plastidale normale. Il arrive cependant exceptionnellement que le phénomène de répartition des plastes décrit précédemment soit décalé et ne se fasse qu'à la 3e division. Cet appauvrissement en plastes par inhibition de la division plastidale normale et répartition des éléments entre les



N. B. Dans ce dessin il a été fait abstraction des substances tanoïdiques précipitant par le bichromate dans les vacuoles. (Fix. : Regaud).

cellules filles mérite d'être signalé car, à ma connaissance, ce processus n'a pas encore été décrit en cytologie normale ou en pathologie.

2. *Tissu palissadique au niveau même de la cavité larvaire.* — Ici encore la première division périclinale de la cellule palissadique n'a rien de bien particulier. Ce n'est qu'après la redivision des deux cellules filles résultantes que l'on est frappé de l'état d'indifférenciation relative des couches supérieures par rapport aux couches profondes issues de la cellule basale. En particulier la régression du plastidome dans l'assise supérieure destinée à former l'épiderme endogène est très accentuée par rapport à l'état presque inaltéré de celui des couches profondes. Cette régression plastidale n'est cependant pas la conséquence d'une diminution du nombre des plastes par inhibition de leur division, comme nous l'avons vu précédemment. Au contraire, les chloroplastes sont répartis normalement entre les cellules filles, mais ils ont subi une dédifférenciation typique par réduction de leur taille, suivie de vésiculisation et de désintégration à tendance chondriomatique. Les cellules du futur épiderme endogène subiront d'ailleurs des recloisonnements anticlinaux donnant naissance à des cellules

étroites et papilleuses, riches en cytoplasme, à chondriome abondant et à noyau central pourvu d'un gros nucléole. Mais la dédifférenciation cellulaire n'est pas poussée à l'extrême, comme le montre la présence de tanin conservé dans les vacuoles. Ces cellules papilleuses vont s'allonger avec ou sans recloisonnements, en formant, dans ce dernier cas, des poils unicellulaires très riches en tanin, à très gros noyau et nucléole. Tout au cours de cette évolution, les cellules palissadiques normales, au contraire, s'enrichissent en chloroplastes dont le nombre peut doubler en même temps que leur taille. En tout cas donc, une inhibition de la multiplication et de la croissance plastidale précède et accompagne les phénomènes de régression du plastidome, quels que soient les processus par lesquels ils s'effectuent.

On arrive aux conclusions suivantes, qui illustrent bien la diversité des actions exercées par un cécidozoaire : dans les deux parenchymes étudiés il y a inhibition de la multiplication et de la croissance des plastes. Ensuite, dans le parenchyme périphérique, ce phénomène s'exalte et on observe des divisions cellulaires avec partage des plastes sans aucune multiplication de ceux-ci. Pendant ce temps le parenchyme de la région centrale montre au contraire une dédifférenciation des plastes par désintégration individuelle et retour à l'état chondriomatique sans anomalie de répartition numérique.

BIOPHYSIQUE. — *Influence des très hautes pressions sur l'évolution des solutions de gélatine en présence de trypsine.* Note de MM. **Gursaran Parshad Talwar, Jacques Basset** et **Michel Machebœuf**, présentée par M. Jacques Tréfouël.

Si des produits d'hydrolyse enzymatique partielle de gélatine sont soumis à des pressions élevées en présence de trypsine, on observe un accroissement de viscosité, mais il ne s'agit pas d'une synthèse de protéines, l'enzyme n'est d'ailleurs pas nécessaire.

Bressler [1], [2] a affirmé avoir obtenu la synthèse de protéines à partir de produits d'hydrolyse partielle de protéines en les soumettant à de hautes pressions en présence de trypsine.

En essayant de reproduire ces expériences, nous n'avions pas observé de diminution de l'azote aminé [3], [4], [5].

---

(1) Bressler et Glikina, *Biokhimia*, 12, 1947, p. 389 et *Ac. Sc. U. R. S. S.*, 55, 1947, p. 141.

(2) Bressler, Glikina, Konikov, Seleznova et Finogenov, *Izvest. Akad. Nauk, U.R.S.S., Ser. Fiz.*, 12, 1948, p. 695 et 13, 1949, p. 392.

(3) Machebœuf, Basset, Barbu, Le Saget et Nunez, *Bull. Soc. Chim. de France*, 18, 1951, p. 471.

En dosant l'azote aminé par deux méthodes [6], [7], nous avons confirmé et étendu nos résultats antérieurs et quelles que soient les conditions de pression, de salinité, de durée, nous n'avons jamais perçu une diminution de l'azote aminé pendant la compression d'hydrolysats de gélatine. Les expériences furent effectuées à pH 7,6 et à pH 9,2 avec des tampons divers (phosphates ou borates).

Les mesures de viscosité ont révélé des faits nouveaux :

1° Une solution de gélatine à 1 % de pH 9,2 en tampon borate 0,2 M est additionnée de trypsine. La viscosité du mélange baisse rapidement (température 25 et 37° C). En 1 h, la chute de viscosité dépasse déjà 80 % de la baisse finale; pendant le même temps, la proportion d'azote aminé libérée est infime (11 %). Ce fait est en faveur d'une théorie admettant que la première étape de l'action de la trypsine est une modification de la protéine autre que l'hydrolyse peptidique.

2° Si l'on soumet le mélange à la pression avant que l'hydrolyse soit trop avancée, on note une forte augmentation de la viscosité, qui est d'autant plus importante que l'hydrolyse préalable était moins avancée; mais il ne s'agit pas d'une synthèse protéique enzymatique, car on observe une semblable augmentation lorsqu'on comprime les produits d'hydrolyse partielle après avoir inactivé l'enzyme par chauffage. On doit penser que la pression produit une agrégation des particules protéiques sans que l'enzyme ait à intervenir. D'ailleurs les liaisons ainsi formées sont en partie insensibles à l'action de l'enzyme à la pression ordinaire. (Les liaisons produites par compressions se détruisent en partie spontanément à la pression ordinaire.)

Si l'on comprime pendant 6 h à 6 000 kg/cm^2 une solution de gélatine à 1 % (tampon borate pH 9,2) sans enzyme, on obtient un gel.

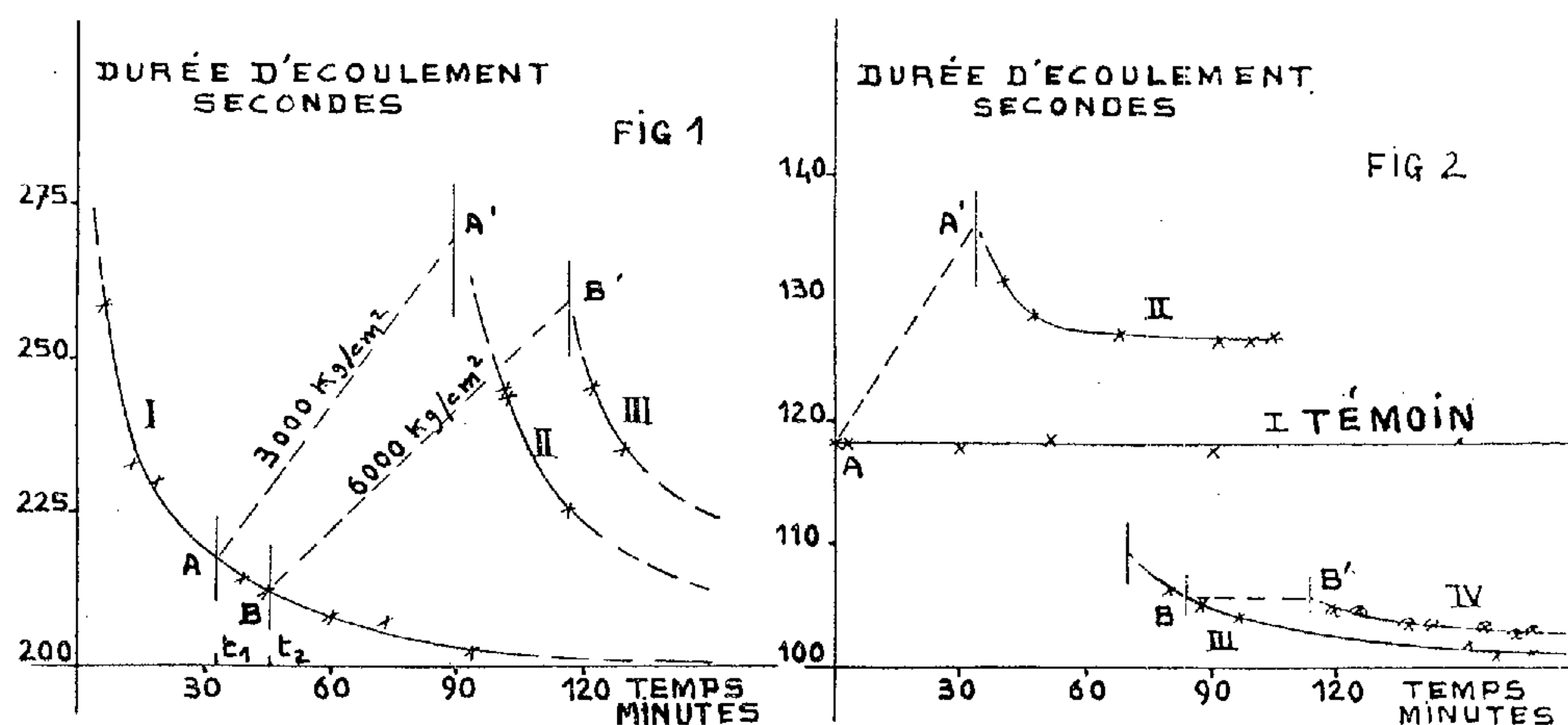
Figure 1. — *Courbe* 1 : hydrolyse de la protéine à la pression ordinaire à 25° C. *Courbe* 2 : à l'instant t_1, on comprime une partie du mélange à 3 000 kg/cm^2 pendant 1 h puis on mesure la viscosité après la sortie de presse. *Courbe* 3 : à l'instant t_2 on soumet le mélange à 6 000 kg/cm^2 pendant 1 h.

Figure 2. — De la gélatine subit l'action d'une forte quantité de trypsine pendant 7 m à 25° C, pH 9,2. On inactive alors l'enzyme en portant le mélange à 100° C pendant 2 m. On filtre à chaud puis la solution est conservée pendant 18 h à 25° C (stabilisation de la viscosité). On comprime alors à 6 000 kg/cm^2 (37° C, tampon borate, pH 9,2) pendant 30 m. La

(4) TALWAR, BARBU, BASSET et MACHEBOEUF, *Bull. Soc. Chim. Biol.*, 33, 1951, p. 1793.
(5) BARBU, BASSEU et MACHEBOEUF, *C. R.* IIe *Congr. Intern. Biochimie*, Paris, 1952 (sous presse).
(6) LÉVY, *J. Biol. Chem.*, 105, 1934, p. 157.
(7) VAN SLYKE, *J. Biol. Chem.*, 19, 1911, p. 185; 23, 1915, p. 407.

première mesure de viscosité est réalisée 9 m après la décompression (équilibre thermique). On voit que sans enzyme actif la pression a fait accroître tout aussi bien la viscosité (courbe II).

Si l'on ajoutait ensuite de l'enzyme actif dans le mélange, on verrait l'hydrolyse évoluer, mais la viscosité atteindrait une limite moins basse que pour le témoin non comprimé, comme si une partie des produits de



polymérisation formés pendant la compression résistait à l'action de l'enzyme (courbes III et IV).

CHIMIE BIOLOGIQUE. — *Sur la teneur comparée en arginine et en acide désoxyribonucléique des noyaux d'érythrocytes de quelques espèces de Poissons.* Note de M. **Roger Vendrely** et Mme **Colette Vendrely**, transmise par M. Robert Courrier.

Le rapport ADN/Arginine pour le noyau d'érythrocyte est le même chez plusieurs espèces de Poissons, malgré des variations considérables de la teneur en ADN.

Depuis les travaux de Miescher, Kossel et de nombreux autres auteurs sur les nucléoprotéines des noyaux, l'arginine a toujours été considérée comme un élément caractéristique de ces protéines spéciales. On a donc toutes raisons de penser qu'elle intervient comme un constituant essentiel de la chromatine des chromosomes. Serra ([1]) a d'ailleurs montré sa localisation sur les bandes caractéristiques des chromosomes géants et certains auteurs ([2]) pensent que la liaison de l'acide désoxyribonucléique à la protéine génique se ferait par

([1]) *Cold Spring Harbor Symp. on Quant. Biol.*, **12**, 1947, p. 192.

([2]) *Voir* par exemple K. G. Stern. Conférence à la Société de Chimie Biologique, Paris, 8 juillet 1952. *Bull. Soc. Chim. Biol.* (sous presse).

l'intermédiaire de cet acide aminé. S'il est donc vrai que l'arginine représente en quelque sorte une « articulation » entre la partie nucléique et la partie protéique des gènes, sa teneur par noyau (à supposer qu'il n'existe pas d'arginine nucléaire en dehors du matériel génique) devrait se comporter comme la teneur par noyau en acide désoxyribonucléique, sur laquelle nous possédons actuellement des indications précises. En ce qui concerne les Poissons, notamment, nous avons pu montrer dans une note précédente ([3]) que la teneur en acide désoxyribonucléique (ADN) des noyaux somatiques d'un certain nombre de poissons se situait autour de $1.8 \times 10^{-6}\gamma$; seules jusqu'alors la Carpe et la Truite avaient des valeurs nettement supérieures, à savoir, respectivement, 3.2 et $4.9 \times 10^{-6}\gamma$. Nous avons depuis étudié le Barbeau, dont la teneur par noyau en ADN est tout à fait comparable à celle de la Carpe.

Il nous a paru intéressant d'effectuer le dosage de l'arginine sur les noyaux d'érythrocytes ([4]) d'un certain nombre d'espèces de Poissons et de comparer le contenu en arginine d'un noyau d'érythrocyte avec son contenu en ADN.

Matériel et méthode. — Notre étude a porté sur 6 espèces de Poissons : la Tanche, le Brochet, le Gardon dont la teneur en ADN par noyau représente la valeur le plus couramment trouvée chez de nombreux Poissons, la Truite, la Carpe et le Barbeau chez qui cette teneur est nettement plus élevée. L'isolement des noyaux d'érythrocytes a été réalisé par les méthodes précédemment décrites ([5]). Le dosage de l'arginine a été effectué par la technique colorimétrique de C. Dumazert et R. Poggi ([6]).

Nous avons étudié également, à titre comparatif, le noyau d'érythrocyte d'un Oiseau : le Coq et le noyau de thymus d'un Mammifère : le Veau.

Résultats :

Tableau indiquant les teneurs individuelles (exprimées en $10^{-6}\gamma$) *en arginine et en acide désoxyribonucléique des noyaux d'érythrocytes de quelques espèces de Poissons.*

Espèce.	ADN.	Arginine.	$\frac{\text{ADN}}{\text{Arginine}}$.
Truite (*Salmo irideus* Gibb.)	4,9	0,96	5,1
Carpe (*Cyprinus carpio* L.)	3,2	0,60	5,3
Barbeau (*Barbus barbus* L.)	3,4	0,64	5,3
Tanche (*Tinca tinca* L.)	1,7	0,34	5,0
Brochet (*Esox lucius* L.)	1,7	0,34	5,0
Gardon (*Gardonus rutilus* L.)	1,9	0,36	5,3

([3]) R. Vendrely et C. Vendrely, *Comptes rendus*, 230, 1950, p. 670.

([4]) Dans les noyaux d'érythrocytes, la densité de la chromatine est telle que l'on est autorisé à penser que les résultats obtenus sur les noyaux totaux seraient extrêmement proches de ceux que l'on obtiendrait sur la chromatine elle-même : la quantité d'arginine qui pourrait éventuellement se trouver dans le suc nucléaire serait négligeable.

([5]) R. Vendrely et C. Vendrely, *Experientia*, 4, 1948, p. 434.

([6]) *Bull. Soc. Chim. Biol.*, 21, 1939, p. 1381.

A titre comparatif.	ADN.	Arginine.	$\frac{\text{ADN}}{\text{Arginine}}$.
Coq (*Érythrocyte*)	2,2	0,45	4,9
Veau (*Noyau de thymus*)	6,4	1,49 (7)	4,3

Les résultats rapportés dans le tableau ci-dessus montrent que pour les érythrocytes étudiés *la teneur en arginine reste remarquablement proportionnelle à la teneur en acide désoxyribonucléique*, c'est-à-dire qu'elle est nettement plus élevée dans le cas de la Carpe, du Barbeau et de la Truite, *le rapport ADN/Arginine étant le même chez tous ces Poissons, malgré les variations considérables de l'acide désoxyribonucléique* (du simple au double et au triple).

Les résultats obtenus chez le Coq et chez le Veau montrent un rapport du même ordre de grandeur.

CHIMIE BIOLOGIQUE. — *Sur les anticatalyseurs de l'oxydation de l'acide L-ascorbique. Un nouveau complexe cuivreux de la thiamine.* Note (*) de M. **Étienne Géro**, présentée par M. Maurice Lemoigne.

L'action inhibitrice de l'aneurine sur l'oxydation de l'acide *L*-ascorbique catalysée par l'ion Cu^{++}, n'intervient qu'une fois l'oxydation amorcée. Elle est due à la formation d'un complexe cuivreux (et non cuivrique) peu soluble, empêchant la réoxydation de l'ion Cu^{+} monovalent en ion Cu^{++} bivalent.

L'acide *L*-ascorbique s'oxyde rapidement à l'air en présence d'ions Cu^{++} (1). Le glutathion, l'adrénaline, l'aneurine, l'acide paraminobenzoïque, la riboflavine à l'obscurité, pour ne citer que ceux-là, ralentissent dans une mesure plus ou moins importante cette oxydation. On admet en général que les inhibiteurs agissent en formant avec l'ion Cu^{++} des complexes peu ionisés.

En vue d'étudier le mécanisme de ce phénomène, nous nous sommes adressé à l'aneurine (2) qui, de tous les anticatalyseurs expérimentés par nous, s'est révélé le plus énergique.

Nos expériences ont été effectuées sur des solutions d'acide *L*-ascorbique $0,5 \times 10^{-3} m$ à pH 7 en présence de phosphates et contenant une quantité équimoléculaire de chlorhydrate de chlorure d'aneurine. Ces solutions, soumises à un barbotage d'air, recevaient à un instant déterminé, $1,18 \times 10^{-6} m$

(7) Nous n'accordons pour l'instant à ce résultat qu'une valeur approximative : le noyau de thymus a une chromatine moins dense que le noyau d'érythrocyte et il n'est pas impossible que de l'arginine, qui serait contenue dans le suc nucléaire, introduise une certaine erreur par excès.

(*) Séance du 28 juillet 1952.

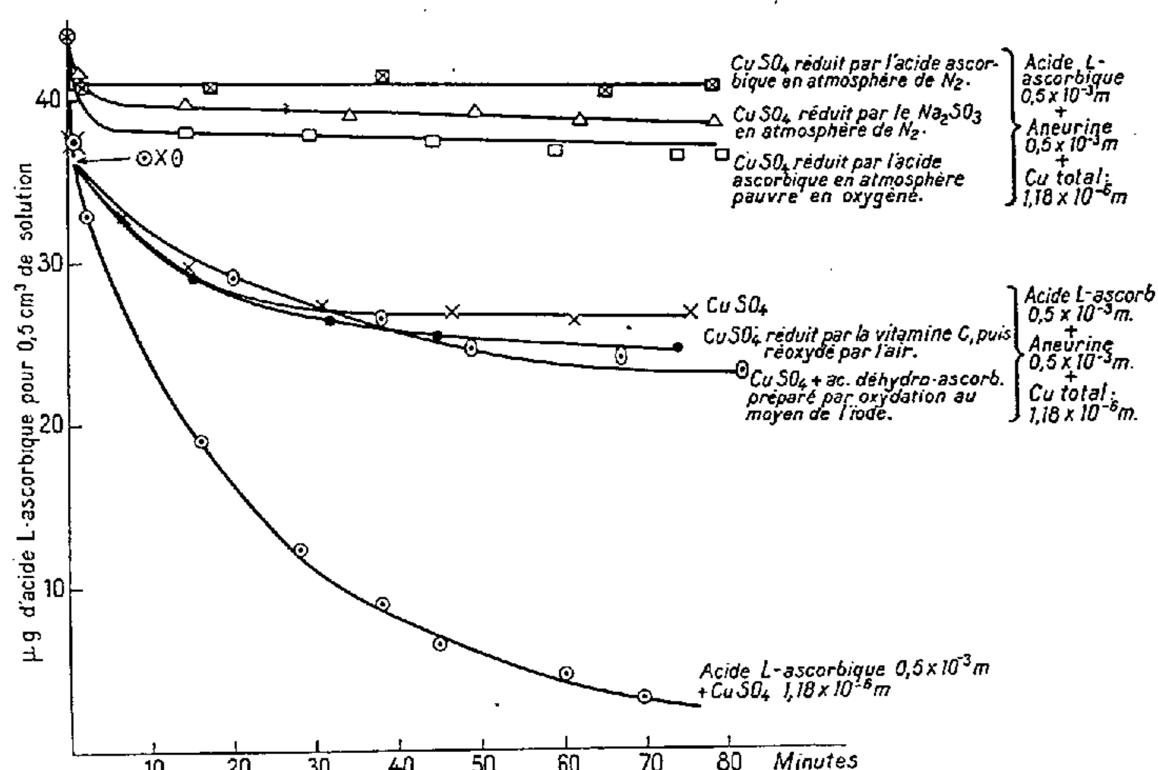
(1) E. S. Barron, R. H. De Meïo et F. Klemperer, *J. Biol. Chem.*, **112**, 1936, p. 625.

(2) J. L. Parrot et H. Cotereau, *Arch. Internat. Physiol.*, 54, 1946, fasc. 2, p. 197.

de $CuSO_4$. A des instants ultérieurs, le titre en acide ascorbique de la solution a été déterminé au moyen du 2.6-dichlorophénolindophénol, la température étant maintenue constante à 20° C. Le graphique ci-dessous reproduit les résultats de ces expériences.

Il en résulte que, dans les conditions décrites, l'oxydation en présence d'aneurine subit un arrêt pratiquement complet, alors que 40 % à peine de l'acide ascorbique initial avait disparu de la solution. Avec une concentration identique en ion Cu^{++}, mais en l'absence d'aneurine, l'oxydation est pratiquement terminée dans le même laps de temps.

Les résultats ne subissent aucune modification sensible si l'aneurine est



traitée préalablement pendant une durée de 1 h, soit par l'acide ascorbique, soit par les ions Cu^{++} dans les quantités correspondantes aux concentrations finales indiquées. Ces faits excluent l'hypothèse de la formation d'un complexe acide ascorbique-aneurine ou d'un complexe ion Cu^{++}-aneurine.

Un autre fait remarquable est que la vitesse initiale de l'oxydation est sensiblement la même, que l'ion Cu^{++} soit présent seul ou en association avec l'aneurine (*voir* titrages faits aux premières minutes de l'oxydation). Ainsi, le ralentissement du phénomène, c'est-à-dire l'anticatalyse, n'intervient qu'à un moment ultérieur, alors qu'une fraction de l'acide ascorbique avait déjà subi l'oxydation cuivrique. La question se posait donc de savoir si un ou plusieurs des produits de l'oxydation ne participaient pas à la réaction qui devait aboutir au ralentissement de la catalyse

Le comportement qualitatif des corps en présence paraissait confirmer cette idée. L'orsqu'on mélange des solutions équimoléculaires d'aneurine et de $CuSO_4$ d'une concentration de $0,5\, m \times 10^{-1}$, il ne se produit aucun changement sensible de couleur. Si l'on ajoute à ce mélange une solution d'acide ascorbique à la même concentration moléculaire, on voit le liquide virer instantanément

au jaune vert (réduction de l'ion Cu^{++} par l'acide ascorbique), puis déposer un précipité amorphe blanc jaunâtre. Le même précipité est obtenu en l'absence d'acide ascorbique si l'on mélange une solution d'aneurine avec une liqueur cuivreuse préparée selon Treadwell et Boll ou en réduisant le sulfate cuivrique par le sulfite de soude à pH 7.

Le précipité se dissout dans l'HCl normal. En concordance avec ce fait, nous avons vérifié que l'action anticatalytique diminue avec le pH. La solution chlorhydrique donne les réactions de l'ion cuivreux et non celle de l'ion cuivrique (Pascal). Elle ne forme pas la phénylhydrazone de l'acide déhydro-ascorbique. Elle donne par contre, après élimination du cuivre, la réaction du thiochrome avec une intensité remarquable.

Le corps insoluble se comporte donc comme un complexe cuivreux de l'aneurine.

Ainsi l'arrêt de l'oxydation apparaît comme la conséquence d'un blocage par l'aneurine, non pas de l'ion cuivrique initialement présent, mais de l'ion cuivreux formé dans la première phase de l'oxydation.

Les essais cinétiques suivants (*voir* figure) confirment nettement cette hypothèse : 1° L'action inhibitrice de l'aneurine est augmentée de 50 % environ, si l'on emploie une solution cuivrique réduite par l'acide asborbique en milieu pauvre en oxygène (absence de barbotage). Un barbotage d'air à travers la solution fait disparaître cet effet. Il n'est donc pas dû à la présence de l'acide déhydroascorbique formé (*voir* l'inactivité de ce dernier obtenu par oxydation à l'iode), mais à l'enrichissement du milieu en ions Cu^{+}.

2° Une exaltation encore plus intense du pouvoir inhibiteur de l'aneurine a lieu si la réduction préalable de l'ion Cu^{++} par l'acide *L*-ascorbique est effectuée en atmosphère d'azote.

3° Le résultat est analogue si l'agent de la réduction de l'ion cuivrique est le sulfite de soude en atmosphère d'azote.

La structure et la formule exactes du complexe cuivreux de la thiamine sont actuellement à l'étude. Nous proposons pour ce nouveau composé le nom de cuprothiamine.

PROTISTOLOGIE. — *Le cycle autogamique de* Tetrahymena rostrata. Note (*) de M. **John O. Corliss**, présentée par M. Maurice Caullery.

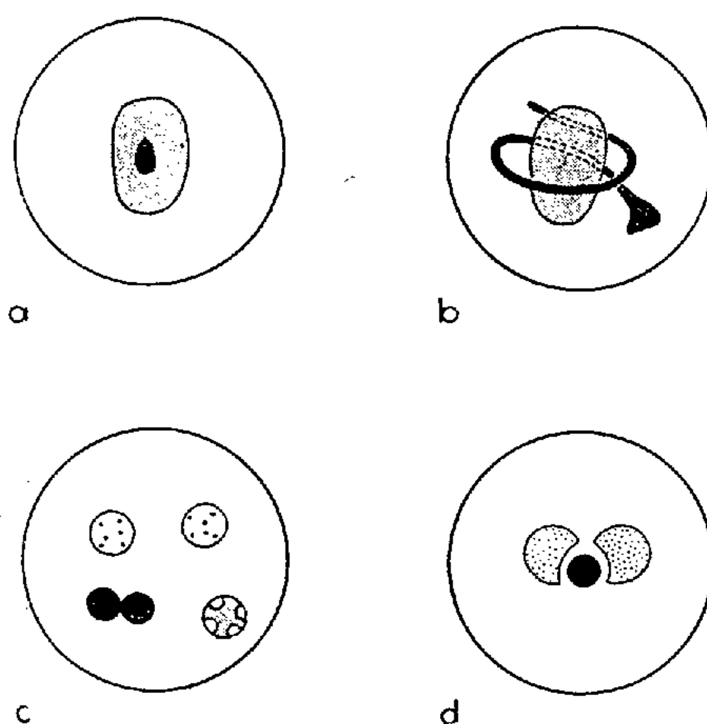
Au cours d'une étude sur la morphologie comparée des Ciliés Holotriches hyménostomes du groupe *Colpidium-Glaucoma-Leucophrys-Tetrahymena*, un processus de réorganisation nucléaire, survenant de façon régulière durant l'enkystement, a été découvert chez une espèce que l'on peut

(*) Séance du 7 juillet 1952.

identifier au *Tetrahymena* (*Paraglaucoma*) *rostrata* (Kahl, 1926) nov. comb. C'est là, apparemment, le premier cas d'autogamie observé chez les Ciliés hyménostomes et la première constatation évidente de l'apparition d'un tel processus au cours de l'enkystement chez les Ciliés en général ([1]).

T. rostrata est un histophage facultatif; cultivé en présence d'intestin de larves de Chironomides, le Cilié ingère, à l'état de trophonte-tomonte mesurant environ 80 sur 50 μ, une grande quantité de nourriture; puis il se divise soit à l'état actif, soit sous un kyste temporaire, en deux ou quatre tomites qui se nourrissent bientôt à leur tour; le cycle de multiplication végétative se répète ainsi un grand nombre de fois.

Si la nourriture vient à manquer, l'Infusoire s'immobilise sous un kyste



a, appareil nucléaire dans le kyste normal au repos; *b*, allongement du micronucléus au début de la prophase de première méiose prégamique; *c*, les deux ébauches macronucléaires et les deux micronucléi adjacents après la seconde division postzygotique; *d*, stade de longue durée avec les deux ébauches macronucléaires coiffant le micronucléus.

de repos ou de protection parfaitement sphérique, de 24 μ de diamètre environ; à cet état, il peut survivre trois mois au moins, et subir sans dommage un certain degré de dessiccation. En présence de nourriture fraîche, l'excystement se produit après 2 h environ, libérant un théronte translucide qui nage vigoureusement vers le tissu dont il va se nourrir et le cycle de multiplication recommence. La conjugaison n'a jamais été observée. L'appareil nucléaire est toujours constitué par un macronucléus assez large, de contour approximativement rectangulaire et un seul micronucléus ovoïde (*fig. a*).

([1]) La réorganisation nucléaire décrite par Fermor (1913) dans les kystes de *Stylonychia pustulata* n'a pas été confirmée par les recherches d'Ilowaisky (1926); et d'autres observations analogues relatives à d'autres Ciliés restent incomplètes et incertaines.

L'étude des kystes de protection colorés par la technique de Feulgen montre, 40 à 60 h après leur formation, le début du processus autogamique; celui-ci apparaît chez tous les individus enkystés; il est pratiquement simultané chez tous les individus d'une même population. La première indication est donnée par la remarquable transformation du micronucléus qui s'allonge en un filament épais à une extrémité, atténué à l'autre, décrivant autour du macronucléus 1,5 t de spire, long de près de 40 μ, et comparable au « stade en croissant » caractéristique de la première division méiotique chez *Paramecium* (*fig. b*). Une prophase typique apparaît ensuite avec des granules chromatiques (chromosomes ou agrégats chromosomiques) dont le nombre exact est difficile à déterminer.

A la télophase de cette première division prégamique succède rapidement la prophase de la seconde, montrant des granules chromatiques plus fins. Quatre micronucléi sont ainsi formés; un d'entre eux se divise immédiatement pour donner les deux « pronucléi », faiblement colorables, tandis que les trois autres, d'aspect sombre, commencent à dégénérer. La formation du syncaryon semble suivre rapidement.

C'est vers le moment où commence la première mitose postzygotique que le macronucléus montre les premiers signes d'altération; il se vacuolise et diminue de taille en devenant plus nettement sphérique. La deuxième mitose postzygotique suit rapidement la première, tandis que les trois micronucléi résiduels disparaissent. Parmi les quatre nouveaux micronucléi, deux commencent à s'accroître pour former les ébauches macronucléaires caractérisées par une teinte grisâtre et la présence de petits amas granuleux plus fortement colorés. Les deux autres, fortement colorés, se rapprochent comme s'ils devaient fusionner (*fig. c*), puis l'un d'eux pâlit, diminue, et se résorbe dans le cytoplasma.

L'ensemble de ces transformations nucléaires s'accomplit en une trentaine d'heures et l'état final, apparemment de longue durée, est caractérisé par deux ébauches macronucléaires, de plus en plus granuleuses et colorables, entre lesquelles se trouve situé le micronucléus (*fig. d*). L'excystement peut être provoqué dès ce stade; mais, si le kyste reste au repos plus longtemps, on observe ultérieurement la fusion des deux ébauches en un seul macronucléus.

L'apparition régulière, chez *Tetrahymena rostrata* enkysté, d'une reconstitution nucléaire que l'on doit considérer comme un processus autogamique, confère à cette espèce un intérêt biologique évident. Différents problèmes touchant la signification physiologique de l'autogamie, celle des curieuses transformations du micronucléus à la prophase de la première méiose prégamique, la formation des pronucléi puis du syncaryon, le comportement des deux nouveaux micronucléi précédent la disparition de l'un d'eux, la fusion des deux ébauches macronucléaires, etc., ne peuvent

être discutés ici et demandent encore de nouvelles recherches, rendues possibles par la maniabilité de cet Infusoire, qu'il est facile de cultiver et d'entretenir au laboratoire.

PROTISTOLOGIE. — *Symbiontes bactériens des cilies du genre* Euplotes. Note (*) de M. **Emmanuel Fauré-Frémiet**, présentée par M. Maurice Caullery.

Quelques espèces de Ciliés commensaux ou parasites montrent de manière constante la présence, dans leur cytoplasma, de corps bactérioïdes considérés comme des symbiontes; citons *Ellobiophrya donacis* (Chatton et Lwoff, 1929), *Ptychostomum bacteriophilum* (Miashita, 1933), *P. Chattoni* (Studitsky, 1932) [1]. Parmi les formes libres, deux espèces au moins du genre *Euplotes*, étudiées avec la collaboration de A. Strange, apportent un nouvel et typique exemple d'une telle association.

Chez *E. patella* et *E. eurystomus* la réaction nucléale de Feulgen colore en rouge violet, dans le cytoplasma, de fins granules alignés en chaînettes flexueuses. Après une hydrolyse acide qui annule la basophilie cytoplasmique, ces granules sont électivement colorés par le bleu Borrel et par le Giemsa qui met en évidence l'ensemble des filaments.

L'aspect de ces corps est nettement bactérien; ils ne prennent pas la coloration de Gram, et ne sont pas acido-résistants; observés en contraste de phase chez l'Infusoire vivant, ils se distinguent difficilement entre les mitochondries et divers granules réfringents; mais, après diffluence du cytoplasme dans l'eau environnante, ils apparaissent comme des filaments flexueux, presque homogènes, longs de 5 à 12 μ, larges de près de 0,5 μ; à côté du mouvement brownien qui les agite, ils ne manifestent aucune mobilité propre.

La présence de ces corps bactérioïdes est absolument constante chez tous les individus examinés, provenant de 12 souches différentes des *E. eurystomus* et *patella* récoltées aux environs de Paris, puis entretenues en culture mixte au laboratoire. Ils apparaissent assez régulièrement dispersés dans le cytoplasma entre les chondriosomes; ils sont indépendants des inclusions digestives, qui renferment, dans nos cultures, des Flagellés et des Bactéries très différentes; aucune confusion n'est possible avec les mitochondries, bien colorables par les techniques de Altmann et de Vol-

(*) Séance du 7 juillet 1952.

(1) L'association spécifique de Cilié et de Bactéries épizoïques, comme chez quelques *Parablepharisma* et chez *Centrophorella* est plus fréquente; consulter le chapitre *Organisms living on and in Protozoa*, rédigé par M. H. Kirby dans *Protozoa in Biological research*, publié par N. G. Calkins et F. M. Summers, *Columbia Univ. Press*, 1941 et Fauré-Frémiet, *Bul. Soc. Zool. Fr.*, 75, 1950, p. 134.

konski, sous forme de granules ou de bâtonnets dont le diamètre est voisin de 1 μ ([2]).

L'action de divers antibiotiques : pénicilline, auréomycine, streptomycine, chloromycétine, sulfamides a été examinée; dans les conditions de nos expériences, la pénicilline seule s'est montrée active. Chez les *Euplotes* traités quelques heures avec cet antibiotique, les corps bactérioïdes disparaissent totalement dans les 3 à 4 jours suivants. Pendant ce temps, les Infusoires se divisent encore une fois, plus rarement deux, puis leur multiplication s'arrête et la mort survient par cytolyse, 10 à 12 jours après le traitement. Il n'a donc pas été possible de conserver une lignée dépourvue de bactéries cytoplasmiques.

L'effet de la pénicilline sur les *Euplotes* ne se manifeste que pour des concentrations supérieures à 50 unités Oxford par centimètre cube; la concentration ordinairement utilisée de 600 unités par centimètre cube donne un résultat certain, à condition semble-t-il, que le liquide pénètre dans le corps de l'Infusoire à la faveur de l'ingestion des proies. On doit remarquer que les Ciliés, en général, sont insensibles à des doses de pénicilline 20 à 30 fois supérieures; l'action létale exercée par cet antibiotique sur les *Euplotes* pourrait donc être attribuée à la disparition des corps bactériens intracytoplasmiques; si cette hypothèse était vérifiée, ceux-ci devraient être considérés comme des symbiontes indispensables à la vie des deux espèces de Ciliés examinés.

A 15 h 40 m l'Académie se forme en Comité secret.

COMITÉ SECRET.

Sur la proposition de M. **Ramon**, l'Académie adopte le vœu suivant qui sera adressé à M. le Président du Conseil des Ministres et à M. le Ministre de l'Agriculture :

« L'Académie des sciences, en présence de l'émotion soulevée en France, spécialement parmi les populations agricoles, par l'épizootie aphteuse qui ravage le cheptel national et qui risque de compromettre l'économie rurale du pays et l'effort de redressement actuellement entrepris,

émet le vœu :

— que tout soit mis en œuvre pour conjurer le fléau et pour en éviter le retour dans l'avenir,

---

([2]) Chatton et Seguela (1940) les ont certainement observés chez un *E. patella* de Banyuls, mais ils les décrivent rapidement comme « mitochondries bacilliformes » situés entre les « corpuscules deutoplasmiques » qui correspondent, en fait, aux mitochondries.

— que notamment, les règlements de police sanitaire et autres mesures qui reposent sur des bases scientifiques certaines et qui ont fait leurs preuves, soient appliqués judicieusement et sans défaillance aucune, afin d'assurer la protection du bétail contre l'épizootie aphteuse et de limiter ainsi l'extension de celle-ci.

L'Académie des sciences émet, en outre, le vœu :

— que la recherche vétérinaire et principalement celle qui a pour objet la lutte contre la fièvre aphteuse et contre les maladies infectieuses et épidémiques des animaux en général, soit enfin organisée et dotée de moyens suffisants pour mener à bien sa mission dans l'intérêt du pays.

L'Académie des sciences,

considérant, d'autre part, qu'il est possible de limiter les pertes dues aux diverses calamités agricoles par une meilleure organisation technique s'appuyant sur les données scientifiquement acquises et prête à intervenir en temps opportun, estime indispensable un effort dans ce sens.

Une Commission de l'Académie composée de MM. **Leclainche**, **Lapicque**, **Javillier**, **Ramon**, **Demolon**, **Mayer** et **Lemoigne** se tient dès maintenant à la disposition des Pouvoirs publics pour étudier toutes questions que ceux-ci voudront bien lui soumettre à ces différents égards. »

La séance est levée à 15 h 55 m.

L. B.



ACADÉMIE DES SCIENCES.

SÉANCE DU LUNDI 11 AOÛT 1952.

PRÉSIDENCE DE M. GASTON JULIA.

MÉMOIRES ET COMMUNICATIONS

DES MEMBRES ET DES CORRESPONDANTS DE L'ACADÉMIE.

M. le **Ministre de l'Éducation Nationale** adresse ampliation du décret, en date du 25 juillet 1952, portant approbation de l'élection que l'Académie a faite de M. **Paul Karrer**, pour occuper, parmi les Associés étrangers, la place vacante par le décès de Sir *Charles Sherrington.*

TOXICOLOGIE. — *Étude histologique des organes glycorégulateurs après intoxication par l'Amanite phalloïde chez le Lapin.* Note de MM. **Léon Binet**, **Pierre Desclaux**, **Henri Chaneac** et M[lle] **Michèle Leblanc**.

Parmi les troubles humoraux observés au cours de l'intoxication par l'Amanite phalloïde, l'un de nous [1] a montré l'importance des modifications du métabolisme des glucides et plus particulièrement l'hypoglycémie terminale observée chez les animaux qui succombent à l'intoxication. Il nous a paru intéressant de reprendre chez le Lapin une étude histologique des différents organes jouant un rôle important dans la régulation de l'équilibre glucidique.

A des animaux mâles, d'un poids moyen de 2,500 kg, nourris à un régime équilibré, nous avons administré par voie sous-cutanée une dilution d'Alcoolature d'Amanite phalloïde (*Amanita phalloïdes*), préparée en faisant macérer pendant un mois des chapeaux et des pieds de champignons, dans un poids égal d'alcool à 95°, et en filtrant.

Nous avons obtenu ainsi deux lots d'animaux : les animaux d'un lot sont morts en un ou deux jours, ceux de l'autre ont survécu et ont été sacrifiés 10 à 48 jours après l'injection d'alcoolature phalloïdienne. Nous avons pu ainsi, au niveau d'une série d'organes, noter des modifications importantes suivant les lots envisagés.

---

(1) *Comptes rendus*, **202**, 1936, p. 1219; **219**, 1944, p. 376; **235**, 1952, p. 279.

Au niveau du *foie*, chez les animaux morts rapidement, l'aspect régulier des travées hépatiques a disparu. Au voisinage des espaces portes, il persiste des cellules hypertrophiées avec un noyau volumineux mais un peu altéré, et avec, pour certaines, fréquence à l'acidophilie du cytoplasme.

Par ailleurs, il existe des lésions encore plus intenses. On observe d'importantes altérations nucléaires et assez différentes. On peut noter une forte quantité de noyaux en pycnose, tandis que sur d'autres on observe des altérations de la chromatine (chromatolyse). Parfois dans des cellules dégénérées, la membrane nucléaire a disparu et il ne persiste plus que quelques fragments de chromatine agglutinés, témoignant d'une caryorhexis. Parfois, toute trace de noyau a disparu.

Le cytoplasme est très altéré. La recherche des lipides par le Soudan III montre, en effet, une surcharge très importante en graisse de presque toutes les cellules hépatiques sous forme de gouttelettes plus ou moins grosses et nombreuses et qui peuvent confluer. Inversement, la recherche du glycogène par le Carmin de Best montre une disparition presque totale.

Quant aux acides ribonucléiques décelés par la méthode de Brachet à la pyronine vert de méthyle, ils sont absents des cellules hépatiques. Le nucléole, dont normalement la coloration rouge révèle sa teneur en acide ribonucléique, n'est plus visible.

Le tissu conjonctif est infiltré d'éléments inflammatoires; il n'y a pas naturellement d'accroissement du collagène ni du précollagène.

En résumé, il s'agit *d'altérations cellulaires considérables avec atteinte marquée des noyaux et surcharge lipidique des cellules, disparition du glycogène et des acides ribonucléiques.*

Chez les animaux morts au cours d'une intoxication moins brutale, on observe un état plus voisin de la normale dans les travées hépatiques périportales.

Chez les animaux ayant survécu à l'intoxication, l'aspect histologique du foie est tout à fait différent. Il persiste, autour des espaces périlobulaires, des cellules plus ou moins vidées de leur contenu, mais l'ensemble du parenchyme hépatique a repris un aspect normal.

La coloration des graisses au Soudan montre l'absence de surcharge lipidique observée précédemment. Toutefois, les cellules restent pauvres en glycogène qui ne manifeste sa présence que par quelques fines gouttelettes au milieu du cytoplasme.

Au niveau du *pancréas*, chez les animaux ayant une intoxication aiguë, on retrouve des altérations des cellules α. J. Verne ([2]) avait déjà signalé l'atteinte de ces cellules chez le Rat et surtout chez le Cobaye qui paraît électivement plus sensible.

([2]) *C. R. Soc. Biol.*, **143**, 1949, p. 668.

Chez les lapins intoxiqués, nous n'avons jamais observé de complète disparition de ces cellules, comme on l'a signalé chez d'autres animaux. Dans certains cas, on observe à leur niveau une réduction de la quantité des grains colorés. Le plus souvent même, le fin granulé rouge caractéristique de ces cellules disparaît pour être remplacé par quelques grumeaux inégaux très colorés par la phloxine.

Parfois enfin, mais beaucoup plus rarement, nous avons vu apparaître dans la cellule un aspect vacuolaire. Certaines cellules semblent même entièrement vidées, mais nous n'avons pas observé de modifications importantes du noyau.

Chez les animaux ayant survécu à l'administration de produit toxique, les cellules α ont repris un aspect voisin de la normale; toutefois leur taille reste plus petite. D'autre part, on note de nombreux aspects pycnotiques dans les cellules β.

Au niveau des *reins* des animaux morts rapidement, l'intoxication aiguë se traduit par une hypervascularisation corticale et médullaire. Surtout la corticale présente des lésions intenses des tubes contournés. On constate une dégénérescence du cytoplasme avec parfois une vacuolisation intense à l'intérieur des cellules à bordure en brosse. Quelquefois l'épithélium desquame en masse à l'intérieur de certains tubes.

Au niveau de la médullaire, on note par place des noyaux pycnotiques dans l'épithélium des branches des tubes en U.

Il y a peu de modifications au niveau des reins des animaux ayant survécu, ni au niveau de la corticale, ni dans la zone médullaire.

Les *surrénales* des animaux intoxiqués montrent des phénomènes divers suivant la gravité de l'intoxication (3).

Au cours des intoxications suraiguës, on observe des modifications notables de la fasciculée qui devient spongiocytaire avec de très nombreux noyaux pycnotiques et des cellules dégénérées. La glomérulée présente également des cellules acidophiles avec pycnose nucléaire. D'autre part, on trouve des infiltrations de leucocytes et quelques hématies.

Au niveau de la médullaire, on note également des images de pycnose nucléaire s'accompagnant de cytolyse.

Chez les animaux ayant survécu, ces modifications sont très atténuées. Au niveau de la corticale persistent quelques cellules en dégénérescence acidophile. Surtout, la glomérulée augmente notablement de volume et, chez deux animaux, nous avons observé des mitoses assez nombreuses dans la zone interglomérulofasciculée, phénomène déjà signalé par Serre et Cazal (4), Moday et Beauvillain (5).

(3) J. Cheymol et A. Pfeiffer, *Arch. intern. pharmac. th. belges*, vol. 79, 1949, p. 273.
(4) *Revue méd. chirurg. mal. du foie*, 1949, nos 8 et 9.
(5) *C. R. Soc. Biol.*, 137, 1943, p. 412.

Au niveau de la médullaire, les cellules tendent à reprendre un aspect normal bien qu'elles apparaissent comme plus petites.

Enfin, nous avons pu retrouver chez les animaux morts de façon rapide une disparition de la phosphatase alcaline des cellules épithéliales de l'*intestin*, ainsi que Verne l'avait signalé chez le Rat [6].

Toutes ces altérations confirment au point de vue anatomique, l'importance du trouble des organes glycorégulateurs.

DÉSIGNATIONS.

M. le **Président** est désigné, ès qualité, pour représenter l'Académie dans le **Comité international du Chauffage industriel.**

CORRESPONDANCE.

M. le **Secrétaire perpétuel** signale, parmi les pièces imprimées de la Correspondance :

1° Kerim Ömer Caglar. *Les eaux minérales et les sources thermales de Turquie*. (en langue turque).

2° *The Allegheny Observatory of the University of Pittsburgh.*

3° Santiago Rubio. *Rotaciones corpusculares.*

4° Atomic Énergy Commission (U. S. A.). Neutron Cross Sections. *A compilation of the AEC Neutron Cross Section Advisory Group.*

MÉCANIQUE ANALYTIQUE. — *Sur des équations se ramenant à la forme canonique*. Note (*) de M. **Marcel Mendès**, présentée par M. Jean Chazy.

Il est montré que certains systèmes assez généraux se ramènent à la forme canonique par des changements linéaires de variables.

1. M. Jean Meffroy a étendu [1] la théorie des changements de variables canoniques aux équations

$$(1)\quad \begin{cases} \dfrac{dx}{dt}= \dfrac{\partial F}{\partial y}+\dfrac{\partial F}{\partial z}+\dfrac{\partial F}{\partial u} \\ \dfrac{dy}{dt}=-\dfrac{\partial F}{\partial x}+\dfrac{\partial F}{\partial z}+\dfrac{\partial F}{\partial u} \\ \dfrac{dz}{dt}=-\dfrac{\partial F}{\partial x}-\dfrac{\partial F}{\partial y}+\dfrac{\partial F}{\partial u} \\ \dfrac{du}{dt}=-\dfrac{\partial F}{\partial x}-\dfrac{\partial F}{\partial y}-\dfrac{\partial F}{\partial z}. \end{cases} \qquad (\text{F, fonction de } x, y, z, u).$$

[6] J. Verne et S. Hebert, *C. R. Soc. Biol.*, 144, 1950, p. 741.

(*) Séance du 4 août 1952.

[1] *Bulletin Astronomique*, 16, 1952, p. 213.

On peut montrer qu'un tel système, F pouvant dépendre également de t, se ramène à la forme canonique ordinaire.

Une transformation linéaire et homogène effectuée sur les variables x, y, z, u, l'amène, en effet, à la forme

$$(2)\quad \left\{\begin{aligned} \frac{dX}{dt} &= B\frac{\partial\mathcal{F}}{\partial Y} + C\frac{\partial\mathcal{F}}{\partial Z} + D\frac{\partial\mathcal{F}}{\partial U} \\ \frac{dY}{dt} &= A'\frac{\partial\mathcal{F}}{\partial X} + C'\frac{\partial\mathcal{F}}{\partial Z} + D'\frac{\partial\mathcal{F}}{\partial U} \\ \frac{dZ}{dt} &= A''\frac{\partial\mathcal{F}}{\partial X} + B''\frac{\partial\mathcal{F}}{\partial Y} + D''\frac{\partial\mathcal{F}}{\partial U} \\ \frac{dU}{dt} &= A'''\frac{\partial\mathcal{F}}{\partial X} + B'''\frac{\partial\mathcal{F}}{\partial Y} + C'''\frac{\partial\mathcal{F}}{\partial Z} \end{aligned}\right. \qquad (\mathcal{F},\ \text{transformée de F}).$$

et, l'on voit, les quantités constantes B, C, D, A', ..., C''' étant deux à deux opposées, que les conditions

$$B = D'' = 1, \qquad A' = C''' = -1, \qquad C = D = C' = D' = A'' = B'' = A''' = B''' = 0,$$

qui expriment que le système (2) est canonique, Y étant conjugué de X, U de Z, se réduisent à six : de sorte que l'on peut choisir arbitrairement (au moins dans une très large mesure) dix des seize coefficients de la transformation, les six autres s'en déduisant immédiatement.

Ces coefficients étant ainsi déterminés, et le système (2) ramené à la forme canonique, on peut lui appliquer le théorème connu sur les changements de variables canoniques, et montrer par cette voie que le fait pour la quantité :

$$\begin{aligned}&\lambda[(y-z+u)\,\delta x + (-x+z-u)\,\delta y + (x-y+u)\,\delta z + (-x+y-z)\,\delta u] \\ &-[(y'-z'+u')\,\delta x' + (-x'+z'-u')\,\delta y' + (x'-y'+u')\,\delta z' + (-x'+y'-z')\,\delta u'] \quad (\lambda = \text{const.})\end{aligned}$$

d'être une différentielle virtuelle exacte, constitue la condition nécessaire et suffisante pour que la transformation $(x, y, z, u) \to (x', y', z', u')$ conserve la forme du système (1), la nouvelle fonction génératrice n'étant d'ailleurs la transformée de l'ancienne que si la transformation ne dépend pas de t.

2. Plus généralement, on peut ramener à la forme canonique, par une transformation linéaire portant à la fois sur x, y, z, u et t, un système de la forme

$$\begin{aligned}&\frac{dx}{A_2\frac{\partial F}{\partial y} + A_3\frac{\partial F}{\partial z} + A_4\frac{\partial F}{\partial u} - A_5\frac{\partial F}{\partial t} + \alpha} \\ &= \frac{dy}{-A_2\frac{\partial F}{\partial x} + B_3\frac{\partial F}{\partial z} + B_4\frac{\partial F}{\partial u} - B_5\frac{\partial F}{\partial t} + \beta} = \frac{dz}{-A_3\frac{\partial F}{\partial x} - B_3\frac{\partial F}{\partial y} + C_4\frac{\partial F}{\partial u} - C_5\frac{\partial F}{\partial t} + \gamma} \\ &= \frac{du}{-A_4\frac{\partial F}{\partial x} - B_4\frac{\partial F}{\partial y} - C_4\frac{\partial F}{\partial z} - D_5\frac{\partial F}{\partial t} + \delta} = \frac{dt}{A_5\frac{\partial F}{\partial x} + B_5\frac{\partial F}{\partial y} + C_5\frac{\partial F}{\partial z} + D_5\frac{\partial F}{\partial u} + \varepsilon},\end{aligned}$$

où les coefficients A, B, C, D, α, β, γ, δ, ε sont des constantes quelconques.

ASTROPHYSIQUE. — *Comparaison des lois de variation de l'absorption interstellaire avec la longueur d'onde dans trois régions différentes de la Galaxie.* Note (*) de Mlle **Lucienne Divan**, présentée par M. André Danjon.

1. Dans chacune des trois régions étudiées, on a choisi une étoile rougie E (d'intensité I_λ pour la radiation λ) que l'on a comparée à une étoile non rougie E′ (d'intensité I'_λ) de même type spectral, donc ayant les mêmes gradients : la densité optique de la matière absorbante est $A_\lambda = \log I_\lambda / I'_\lambda$; si l'étoile E′ n'a pas exactement la même discontinuité de Balmer que l'étoile E (¹), les $\log I'_\lambda / I_\lambda$ doivent être corrigés, pour les longueurs d'onde inférieures à 3700 Å, par addition d'une quantité constante égale à la différence D′ — D des discontinuités des étoiles E et E′.

2. Les trois régions étudiées sont :

a. La région de Persée; l'étoile E est ζ Per (B 1 I*b*), l'étoile E′ ε Per (B 0, 5 III); la correction D′ — D est + 0,01.

b. Une poche obscure au voisinage de la nébuleuse M 17 dans le Sagittaire; l'étoile E est HD 168 607 (B 8 I*a*), l'étoile E′ β Ori (B 8 I*a*); la correction D′ — D est + 0,09 (²).

c. La région du Cygne; l'étoile E est HD 194 279 (B 1, 5 I *a*), l'étoile E′ ρ Léo (B 1 I *b*); la correction D′ — D est + 0,02.

Pour chacune de ces régions, la comparaison des étoiles E et E′ donne la variation des opacités $A_{1\lambda}$, $A_{2\lambda}$, $A_{3\lambda}$ de la matière interstellaire en fonction de $1/\lambda$.

3° Nous nous proposons de montrer que l'on peut représenter ces opacités en supposant que dans les trois cas étudiés le coefficient d'adsorption a_λ de la matière absorbante est le même et que seules les quantités totales m_1, m_2, m_3 de matière traversée changent :

$$A_{1\lambda} = m_1 a_\lambda, \qquad A_{2\lambda} = m_2 a_\lambda, \qquad A_{3\lambda} = m_3 a_\lambda.$$

Dans cette hypothèse, le rapport $A_{1\lambda}/A_{2\lambda}$ des opacités dans deux régions différentes est une constante égale au rapport m_1/m_2 des quantités de matière absorbante.

Pour comparer entre elles les lois d'absorption dans la région de Persée et dans la région du Cygne, on porte sur la figure 1, $A_{1\lambda}$ en ordonnée et $A_{3\lambda}$ en abscisse [courbe (1)]; la partie *ab* de la courbe correspond au domaine

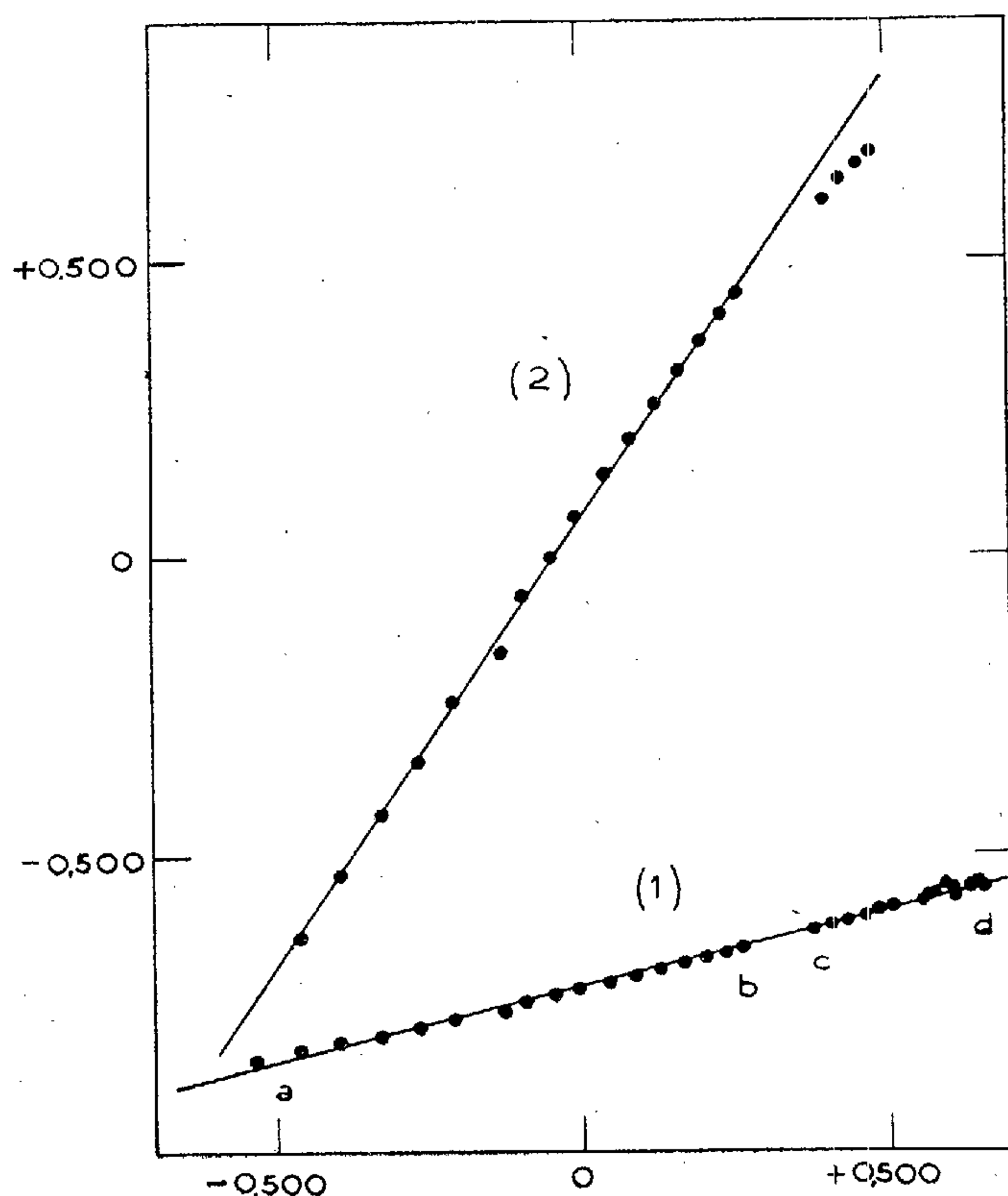
(*) Séance du 28 juillet 1952.

(¹) Le fait que deux étoiles de même type spectral peuvent avoir des discontinuités sensiblement différentes résulte clairement de l'examen du diagramme accompagnant la Note de D. Chalonge et L. Divan (*Comptes rendus*, 234, 1952, p. 2343).

(²) L. Divan, *Comptes rendus*, 235, 1952, p. 126.

6300-4000 Å, la partie *cd* au domaine 3700-3300 Å, situé dans l'ultraviolet, au delà de la discontinuité de Balmer. Aux incertitudes expérimentales près, tous les points, depuis 6300 jusqu'à 3300 Å, se placent sur une même droite; on peut donc représenter les lois d'absorption dans ces deux régions par un même coefficient a_λ et des quantités de matière absorbante m_1 et m_3 dont le rapport est donné par la pente de la droite *ad* : $m_1/m_3 = 0,26$.

On a de même comparé les lois d'absorption dans les régions de M 17 et du



Cygne en portant $A_{2\lambda}$ en fonction de $A_{3\lambda}$ [courbe (2) de la figure]; dans le domaine 6300–4000 Å, les points se placent très bien sur une droite dont la pente donne le rapport des quantités de matière absorbante $m_2/m_3 = 1,50$. Le fait que les quatre points correspondant aux longueurs d'onde inférieures à 3700 Å s'écartent notablement de la droite pourrait indiquer une différence dans les lois d'absorption correspondant aux deux régions; il est plus probable que l'écart vient de l'insuffisance des données expérimentales sur HD 168607; dans ce domaine de longueurs d'onde, il existe seulement deux spectres de cette étoile, dont l'ultraviolet est très sous-exposé à cause de l'énorme rougissement; l'incertitude sur la position des points est encore augmentée par l'incertitude sur la correction D′ — D.

ASTROPHYSIQUE. — *Observations de la lumière zodiacale au cours des hivers* 1946-1947 *et* 1947-1948 *à Tamanrasset* (*Hoggar*). Note (*) de M. **Nicolas Donitch**, présentée par M. André Danjon.

Au cours de mes deux premières missions à Tamanrasset (hiver 1945-1946 et hiver 1946-1947) j'ai obtenu plusieurs photographies de la lumière zodiacale dont 24 (3 prises pendant la première mission et 21 pendant la seconde) ont pu servir à déterminer la position de cette formation dans l'espace.

Ces observations embrassent un laps de temps du 23 mars 1946 au 9 avril 1947, un peu plus d'une année. La position de l'axe de lumière de la formation a été déterminée sur des agrandissements, d'environ quatre fois, des clichés originaux ($f = 5$ cm) tirés sur papier Banchet, dans les laboratoires de photographie de l'Observatoire de Meudon.

Les résultats de cette étude peuvent être énoncés comme il suit :

1° La position de la lumière zodiacale dans l'espacé (par rapport au Soleil et aux étoiles) pendant la période des observations mentionnées n'a pas varié sensiblement, du moins les variations en sont inférieures aux erreurs probables d'une détermination de la position de l'axe de lumière.

2° La lumière zodiacale semble s'étendre dans un plan qui passerait par le centre du Soleil.

3° La longitude du nœud ascendant de ce plan est de 110° 12′, tandis que l'inclinaison sur l'écliptique, n'est que de 2° 9′. Ces valeurs diffèrent donc considérablement de celles qui déterminent, par rapport à l'écliptique, la position du plan de l'équateur solaire (qui sont respectivement d'environ 75° et 7°).

4° La lumière zodiacale formerait donc autour du Soleil, tout en l'englobant, un grand anneau qui s'étendrait même au delà de l'orbite terrestre (effet de gegenschein) mais qui, contrairement à celui de Saturne, serait joint au corps central. Cette supposition paraît être corroborée par la forme de quenouille qu'offre la lumière zodiacale [1].

DISTILLATION DE PRÉCISION. — *Sur le fonctionnement adiabatique des colonnes à rectifier.* Note (*) de M. **René Romanet**, transmise par M. Paul Pascal.

Dans la théorie élémentaire des colonnes à rectifier, qu'il s'agisse des

(*) Séance du 4 août 1952.

[1] N. Donitch, Sur la forme et l'intensité de la lumière zodiacale. (*Ann. de Géoph.*, t. 4, fasc. 3, décembre 1948.)

(*) Séance du 28 juillet 1952.

colonnes à action de barbotage (colonnes à plateaux) ou des colonnes à action de contact (colonnes à garnissage et colonnes à remplissage), on admet, pour des raisons de simplification, que les échanges thermiques entre la colonne et le milieu extérieur à travers les parois latérales sont nuls (fonctionnement adiabatique). Une étude théorique plus poussée du fonctionnement des colonnes montre, sans toutefois en donner une démonstration formelle, que l'efficacité maximum est obtenue pour un fonctionnement adiabatique, toutes autres choses restant égales par ailleurs. Dans ces conditions il était particulièrement intéressant de procéder à la vérification expérimentale de ce résultat.

Une première série d'expériences a été réalisée pour atteindre ce but en utilisant l'installation de distillation de précision décrite dans une précédente Note [1].

Rappelons que la colonne utilisée est une colonne à remplissage; la tête de colonne est à condensation totale, avec prélèvement continu d'une partie du liquide condensé comme distillat. Dans toutes les expériences mentionnées ci-dessous la pression en tête de colonne est de 1 mm; elle est maintenue constante à $\pm 1/150$ près. Le régime de l'alimentation de la colonne est maintenu constant à $\pm 1/100$ près *pendant toute la durée d'une opération de rectification* grâce à un dispositif de chauffage électrique à puissance constante réglable. Le mélange initial utilisé dans toutes les opérations est le même que celui qui est indiqué dans la Note [1] : 50 % de citronellol et 50 % de géraniol. On laisse la colonne pendant 24 h à reflux total avant de commencer le prélèvement du distillat.

La colonne est normalement calorifugée et le fonctionnement adiabatique est obtenu par un apport de calories au moyen de résistances électriques régulièrement réparties dans l'enveloppe calorifuge, le réglage étant tel que le gradient de température est le même à l'intérieur et à l'extérieur de la colonne. Dans les distillations tests mentionnées précédemment [1] la puissance électrique ainsi utilisée est pratiquement constante pour des variations de température ambiante faibles et compense une perte de chaleur moyenne de l'ordre de $4{,}2.10^{-2}$ W/cm² de surface latérale de la colonne.

L'efficacité de la colonne est définie dans toutes les expériences ci-dessous par la concentration en composé le plus volatil (citronellol) de la fraction distillée comprise entre 40 et 45 % de la quantité totale en distillation. Le dosage de cette fraction est fait concurremment par analyse réfractométrique et par analyse polarimétrique; précision $\pm 0{,}5$ mole %.

Une première série de résultats est représentée sur la figure 1 dans laquelle on a porté :

en ordonnée : l'efficacité de la colonne définie comme ci-dessus;

en abscisse : le rapport de rétrogradation défini par

$$R = \frac{V}{D} = \frac{L+D}{D},$$

[1] R. Romanet, *Comptes rendus*, 230, 1950, p. 1064.

L, nombre de moles liquide sortant de la colonne à sa partie inférieure ;

V, nombre de moles vapeur entrant dans la colonne à sa partie inférieure;

D, nombre de moles prélevé comme distillat; le tout par unité de temps et par unité de section droite de la colonne (moles $L^{-2}T^{-1}$).

Le couple citronellol-géraniol satisfaisant pratiquement à la loi de Trouton (égalité des chaleurs molaires de vaporisation) R reste constant tout le long de de la colonne en fonctionnement adiabatique; il n'en est plus de même en fonctionnement non adiabatique. La définition adoptée ici, qui relie R à la vitesse d'alimentation de la colonne, permet de comparer entre elles des rectifications en fonctionnement adiabatique et des rectifications en fonctionnement non adiabatique.

Les résultats de la figure 1 se rapportent à une même alimentation au bas de

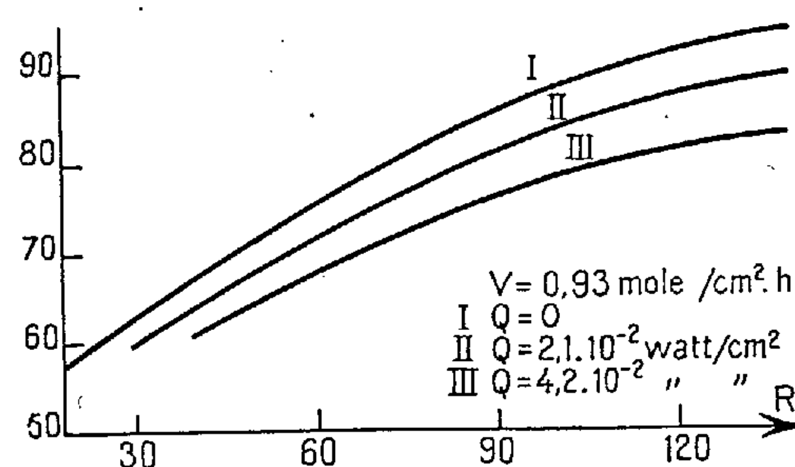


Fig. 1.

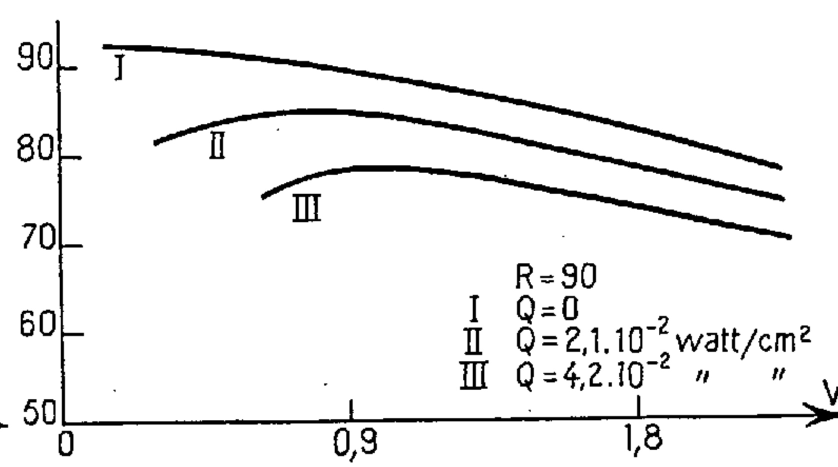


Fig. 2.

la colonne $V = 0{,}93$ mole/cm^2.h et à trois états de fonctionnement thermique caractérisés par une perte calorifique $Q = 0$; $2{,}1 . 10^{-2}$; $4{,}2 . 10^{-2}$ W/cm^2 de surface latérale.

La figure 2 donne l'efficacité de la colonne en fonction de la vitesse d'alimentation V de la colonne, le rapport de rétrogradation restant inchangé ($R = 90$ sur la figure 2), pour les trois mêmes états de fonctionnement thermique.

L'ensemble de ces résultats expérimentaux montre clairement que, pour la colonne considérée, pour le mélange en distillation utilisé et pour des rapports de rétrogradation finis, l'efficacité diminue nettement lorsque l'on s'écarte du fonctionnement adiabatique, la diminution d'efficacité étant d'autant plus rapide que l'on s'écarte plus du fonctionnement adiabatique.

ÉLECTRICITÉ. — *Conduction électrique de films minces de platine recouverts d'une couche diélectrique par évaporation dans le vide.* Note (*) de MM. **Charles Feldman** et **Boris Vodar**, transmise par M. Eugène Darmois.

Nous présentons ici quelques résultats sur la conduction électrique de films

(*) Séance du 28 juillet 1952.

minces de platine sur verre lorsqu'une couche diélectrique (de SiO_2, par exemple) est déposée sur le film par évaporation sous vide. La méthode expérimentale est la même que précédemment (¹), sauf que l'ordre des évaporations

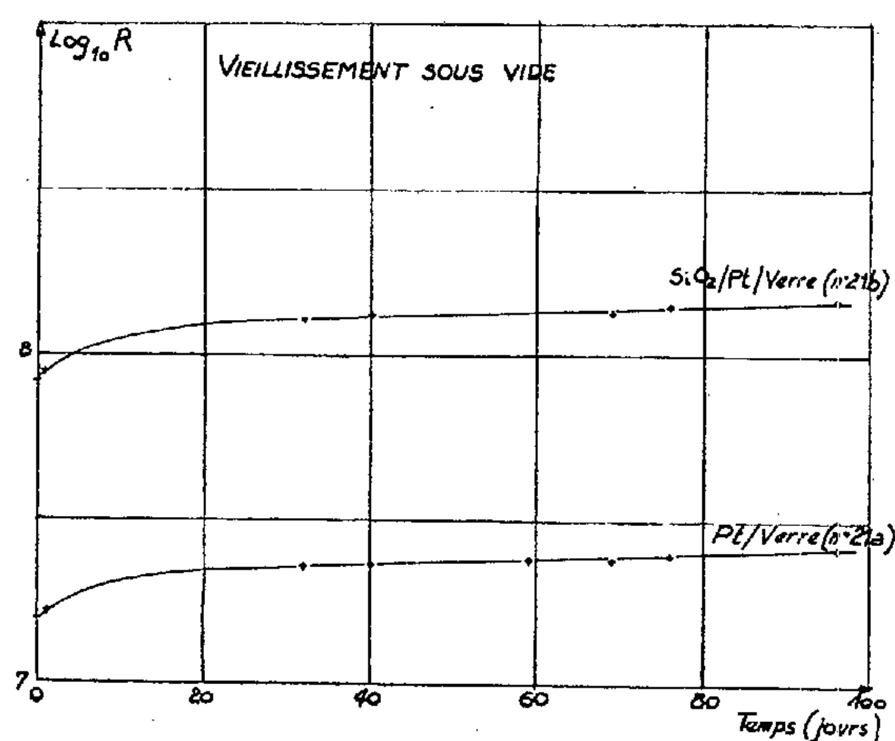


Fig. 1.

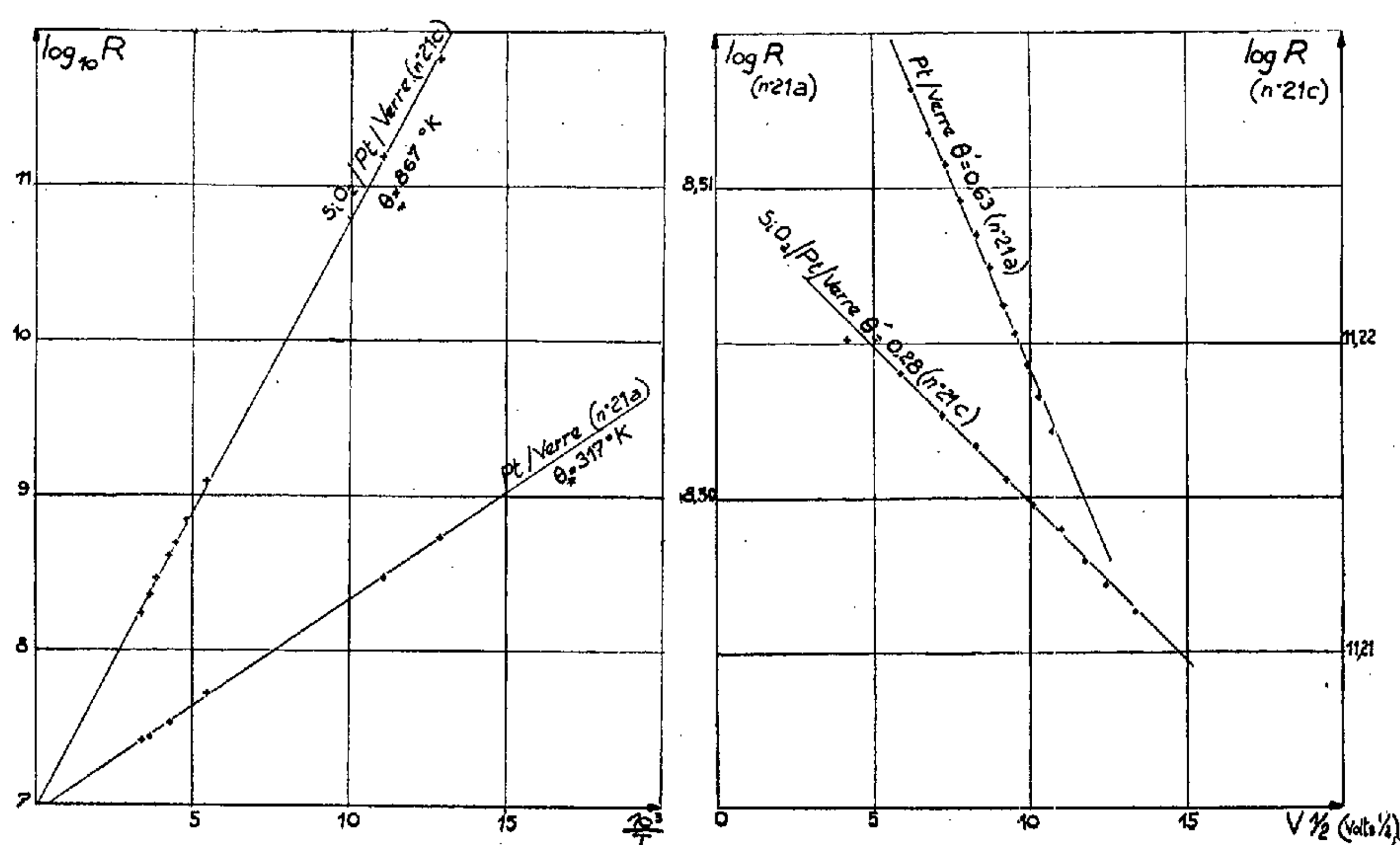


Fig. 2.

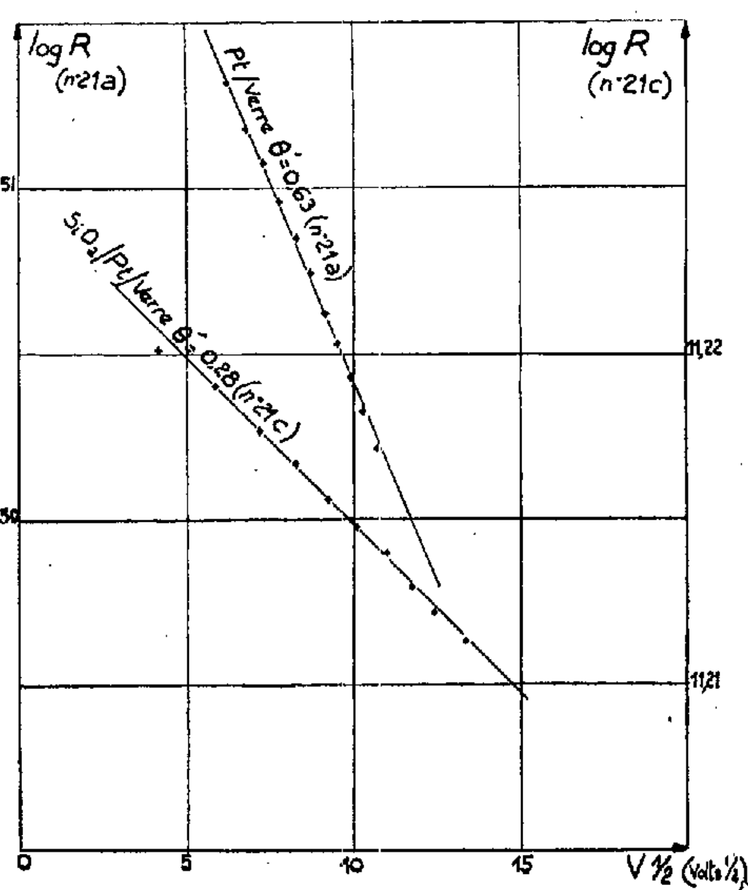


Fig. 3.

du diélectrique et du métal sont inversés. La couche de diélectrique était toujours beaucoup plus épaisse (de l'ordre de 1 000 Å) que celle du métal.

Quand on évapore SiO_2 sur le film de Pt la valeur de la résistance, au voisinage de la température ordinaire, ne subit pas une très grande variation. Par exemple, pour l'un des dépôts des courbes ci-contre, la résistance avant

(¹) C. Feldman, *Comptes rendus*, **234**, 1952, p. 1858.

évaporation de SiO_2 était $5,85.10^7\ \Omega$ et 10 m après l'évaporation de SiO_2 elle était de $4,5.10^7\ \Omega$; toutefois, immédiatement après le dépôt de SiO_2, on trouvait une valeur de $2,95.10^7\ \Omega$; cette diminution passagère doit être due à un échauffement de la couche de platine.

Sous vide, nous n'avons pas observé de différence dans le vieillissement des films de platine non couverts ou couverts de silice (*fig.* 1); cela n'est d'ailleurs pas très étonnant, car, dans ces conditions, l'action protectrice de la silice contre l'oxydation et l'adsorption ne joue probablement qu'un rôle secondaire.

La relation [*cf.* (2), (3)] : $R = R_0\, T^{-n} e^{(\theta - \theta' F^{\frac{1}{2}})/T}$ est vérifiée pour les couches couvertes et non couvertes. Mais le résultat essentiel de notre étude est que le recouvrement d'une couche de platine par un diélectrique produit un accroissement du coefficient de température θ et surtout une diminution du coefficient de tension θ'. La figure 2 donne la variation de la résistance R avec la température pour une couche couverte de silice (SiO_2/Pt/verre) et une couche nue (Pt/verre). La température est lue au thermocouple (jusqu'à la température de N_2 liquide) et nous avons négligé le facteur en T^{-n}; la variation n'est donc pas tout à fait linéaire. La figure 3 montre la variation avec le potentiel appliqué pour les mêmes couches à la température de O_2 liquide; à cette température la résistance des films couverts de silice était de l'ordre de $10^{11}\ \Omega$ et celle des films non couverts de $10^8\ \Omega$ seulement. Or il faut remarquer que pour les films de platine non couverts on observe généralement un plus grand effet de potentiel pour les valeurs ohmiques élevées.

Les effets ci-dessus, c'est-à-dire une augmentation de θ et une diminution de θ' ont été observés pour toutes les couches de platine étudiées, au nombre de 20, qui avaient été couvertes de SiO_2, ainsi que pour 14 autres couches de platine qui avaient été couvertes de SiO_2 ou de ZnS. Dans certains cas l'effet de potentiel n'était plus mesurable, alors que le coefficient de température était très grand.

L'évaporation d'une couche diélectrique produit d'une part un échauffement du film métallique et d'autre part change la constante diélectrique du milieu où se propagent les électrons. Cette dernière action peut également se produire lors de l'adsorption d'un gaz par le film métallique. Il est donc intéressant de rappeler que : 1° l'adsorption réversible des gaz diminue à la fois θ et θ'; 2° le recuit diminue θ mais augmente légèrement θ' (ce dernier résultat, qui est récent, n'avait pas été publié jusqu'ici).

Sur le coefficient de potentiel θ' l'effet de l'absorption et l'effet du dépôt d'une couche diélectrique sont de même sens, et il semble qu'ils soient dus à l'intervention de la constante diélectrique qui donnerait un abaissement de Schottky de la forme $(e^{3/2}F^{1/2})/K^{1/2}$ en fonction du champ extérieur F.

(2) B. Vodar et N. Mostovetch, *Comptes rendus*, **226**, 1948, p. 167.

(3) E. Darmois, N. Mostovetch et B. Vodar, *Comptes rendus*, **228**, 1949, p. 992.

L'augmentation du coefficient de température est peut-être simplement attribuable à un recuit du métal lors de l'évaporation du diélectrique, recuit qui n'aurait pas d'action notable sur θ'.

Nous attendons d'avoir des résultats plus étendus pour présenter une discussion un peu plus détaillée.

MAGNÉTISME. — *Variation thermique de la magnétostriction d'un ferrite de cobalt.* Note (*) de M. **Roger Vautier**, présentée par M. Gaston Dupouy.

Pour avoir des données précises sur le mécanisme de l'aimantation des ferrites de cobalt, j'ai étudié au laboratoire de M. Guillaud à Bellevue, la variation en fonction de la température de la magnétostriction longitudinale d'un ferrite de cobalt non orienté et d'un ferrite de cobalt orienté. Les autres propriétés magnétiques de ces ferrites ont été étudiées dans ce même laboratoire.

Les mesures dont les résultats sont donnés ci-après ont été effectuées sur trois ellipsoïdes de révolution autour d'un grand axe de longueur égale à 10 mm, suivant lequel est mesurée la variation de longueur, et de diamètre égal à 5 mm. Le dispositif de mesure utilisé, basé sur une méthode de levier optique, a déjà été décrit [1].

Les mesures ont été faites à la température ordinaire (20° C), dans la neige carbonique (— 80° C), et dans l'azote liquide (— 196° C).

Le champ magnétique utilisé pour les mesures pouvait dépasser 11000 Oe. On voit que cette valeur permet d'atteindre pratiquement la saturation.

En raison de leur champ coercitif très élevé, les ferrites de cobalt sont difficiles à désaimanter, surtout aux basses températures. Pour obtenir les points de mesure dans la neige carbonique et dans l'azote liquide, j'étais obligé de laisser réchauffer l'échantillon entre deux mesures, de le désaimanter à la température ordinaire, puis de le refroidir avant de l'aimanter, lorsque l'équilibre de température était établi.

La figure 1 représente les courbes λ (H) obtenues sur un ferrite non orienté de composition moléculaire (56 Fe_2O_3, 44 CoO). On constate une évolution régulière de la courbe λ (H) avec la température. λ reste toujours négatif et augmente en valeur absolue quand la température baisse.

On rapprochera les valeurs de la magnétostriction à saturation obtenues de celles du champ coercitif aux mêmes températures. Soient Hc = 2 050 à 20° C, Hc = 3100 à — 80° C, Hc = 6 500 à — 196° C.

Sur la figure 2 sont tracées les courbes (H) concernant un ferrite orienté de composition moléculaire (52 Fe_2O_3, 48 CoO). Deux échantillons

(*) Séance du 4 août 1952.

(1) *Journ. des Recherches du C. N. R. S.*, n° 10, 1950, p. 23-27.

ont été étudiés, l'un (courbes marqués //) dont le grand axe est parallèle à la direction d'orientation, l'autre (courbes marquées ⊥) dont le grand axe est perpendiculaire à la direction d'orientation. On constate que, à la température ordinaire et à — 80° C, l'allure des courbes est normale, c'est-à-dire que, dans la direction d'orientation, la magnétostriction est faible, et dans la direction perpendiculaire, elle est négative et élevée.

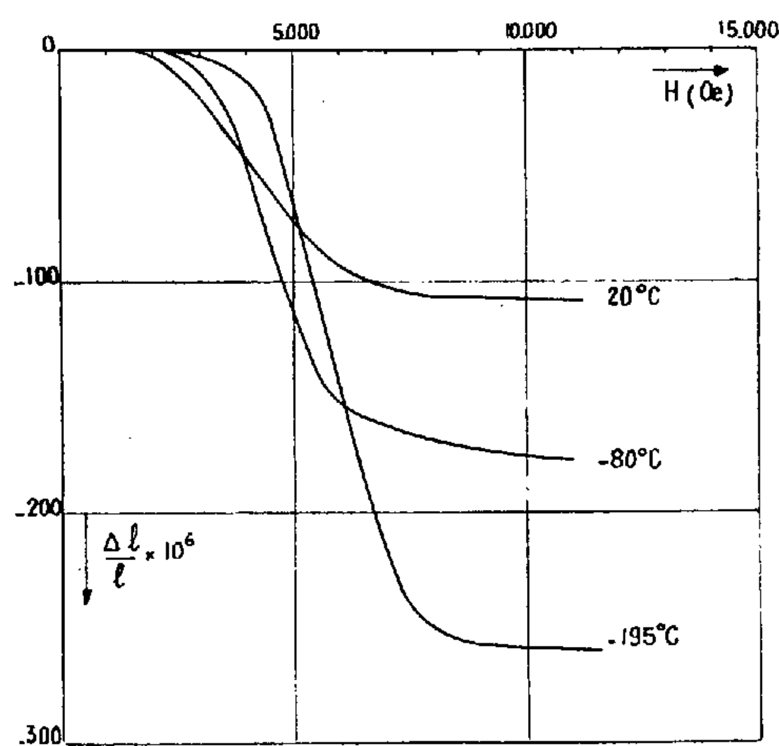


Fig. 1.

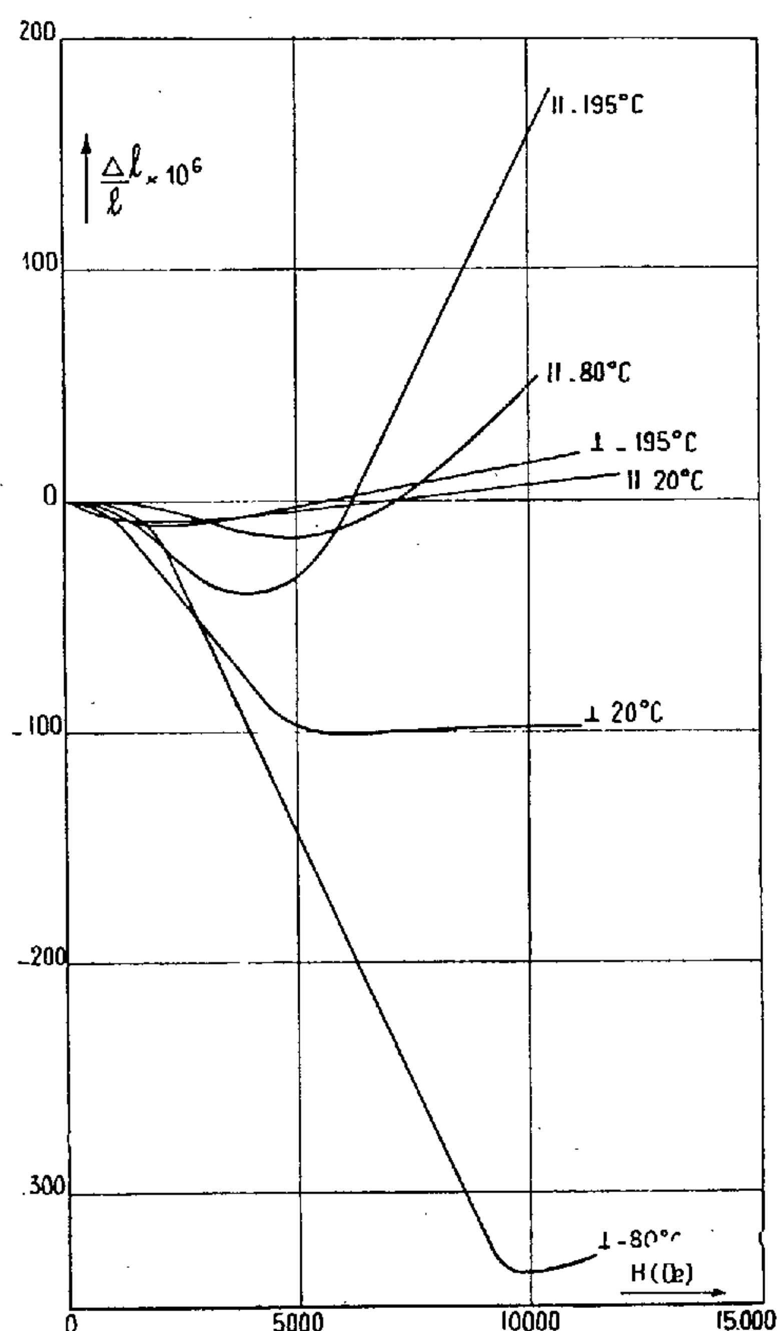


Fig. 2.

On remarque la valeur particulièrement élevée de λ à — 80° C pour la direction perpendiculaire, $\lambda = -335.10^{-6}$.

A —195° C les phénomènes se compliquent. Si l'on compare les courbes λ (H) dans la direction de l'orientation pour les trois températures, on constate une évolution régulière, mais en réalité, la courbe représentée pour la température de — 196° C n'est pas la seule qu'on obtienne. C'est celle qui est obtenue au début des mesures. Après plusieurs refroidissements à la température de —196° C et réchauffements successifs, cette courbe évolue et finit par traduire une contraction continue atteignant -145.10^{-6}. La forme de la courbe n'est pas déterminable avec précision par suite de

son évolution. Pour la magnétostriction dans la direction perpendiculaire à la direction d'orientation, on obtient toujours la courbe indiquée.

Ces résultats peuvent s'interpréter en admettant qu'à — 196° C, l'aimantation spontanée au lieu de rester dans la direction de facile aimantation la plus voisine de la direction d'orientation a tendance à passer dans une direction de facile aimantation voisine du plan perpendiculaire à la direction d'orientation.

MAGNÉTISME. — *Sur le comportement magnétique du rhénium associé au palladium.* Note (*) de MM. **Jules Wucher** et **Nicolas Perakis**, présentée par M. Gaston Dupouy.

I. Tout ce qu'on sait des propriétés magnétiques du rhénium métallique, c'est qu'il a un paramagnétisme indépendant de la température, mesuré entre — 180 et + 21 °C. Son coefficient d'aimantation, obtenu à partir d'un produit exceptionnellement pur (99,99 %), est $0,363 \cdot 10^{-6}$ (1).

Nous avons entrepris d'étudier le comportement magnétique de ce métal en association avec d'autres métaux, en l'occurence l'argent, l'étain et le palladium. Dans ce qui va suivre, nous résumerons l'étude thermomagnétique du système rhénium-palladium.

II. Le palladium utilisé, physiquement pur, suit, entre 180 et 650 °C, une loi de Weiss avec un point de Curie paramagnétique de — 227° et une constante de Curie atomique de 0,327 ($\mu_B = 1,62$). Au-dessous de 180 °C l'aimantation s'écarte sensiblement de la droite. Quant au rhénium dont nous disposions, il était à 99,7 % : $\chi = 0,366 \cdot 10^{-6}$, indépendant de la température entre — 180 et + 20 °C.

Les alliages rhénium-palladium ont été fondus au four H. F., sous faible pression d'argon, dans des creusets en alumine pure. Ils ont été étudiés entre — 180 et + 460 °C. Le tableau ci-dessous contient les résultats de cette étude.

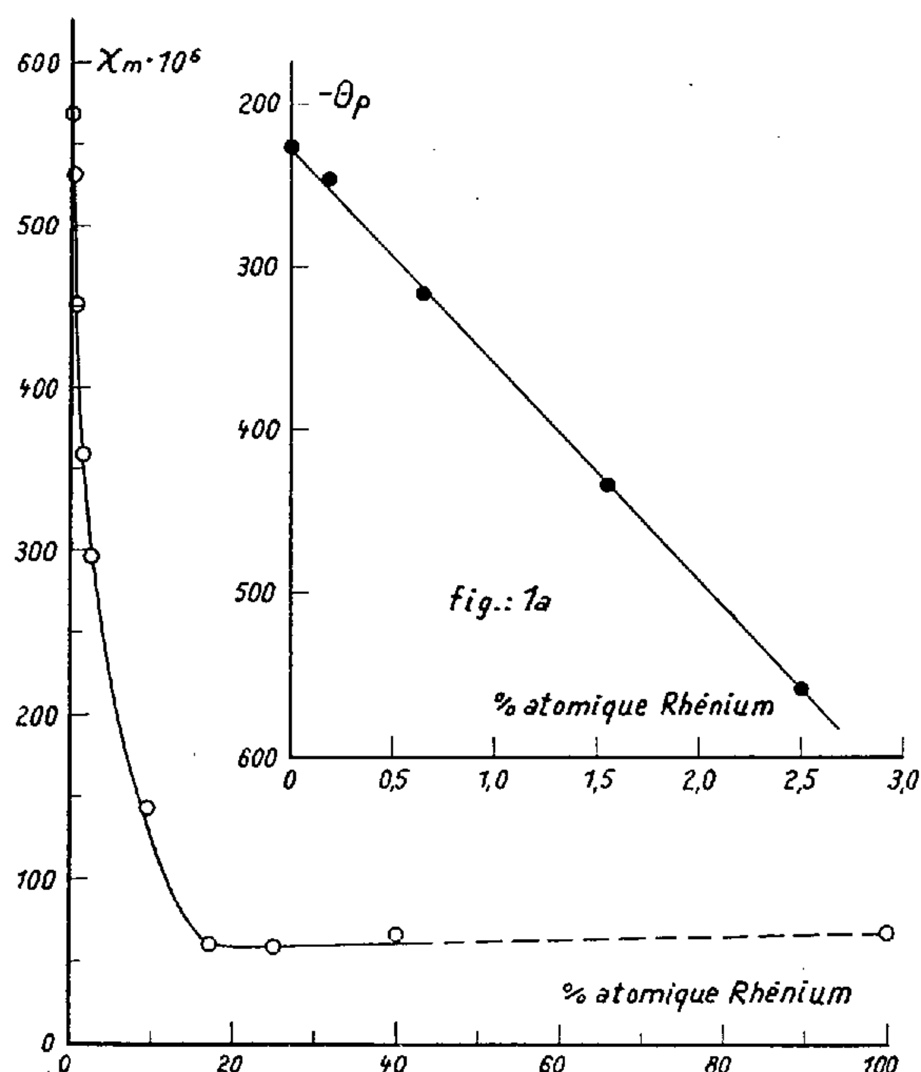
% atomique de rhénium.	$\chi_{all.}^{15°C} \times 10^6$.	$\chi_m^{15°C} \times 10^6$.	θ_p.	C_a.	Inter. de temp. de la droite (°C).
0	5,333	569	—227	0,327	180–650
0,187	4,97	531	—246	0,327	190–470
0,645	4,21	451	—317	0,316	200–460
1,55	3,33	359	—434	0,320	180–460
2,5	2,72	296	—558	0,311	190–450
9,5	1,26	144	–	–	–
17,1	0,50	60,1	–	–	–
25	0,46	58,2	–	–	–
40	0,48	66,5	–	–	–
100	0,366	68,2	–	–	–

(*) Séance du 4 août 1952.

(1) N. Perakis et L. Capatos, *J. Phys.*, 6, 1935, p. 467.

$\chi_{\text{all.}}^{15^\circ\text{C}}$ coefficient d'aimantation de l'alliage à 15°C, $\chi_{\text{m}}^{15^\circ\text{C}}$ coefficient d'aimantation moléculaire de l'alliage à 15°C, θ_p point de Curie paramagnétique de l'alliage, C_a constante atomique de Curie rapportée au palladium.

Les constantes de Curie ont été rapportées au palladium, après correction du diamagnétisme propre du métal : $\chi = -0,545.10^{-6}$ (valeur de Kopp) et du paramagnétisme du rhénium ajouté, pris à l'état heptavalent : $\chi = 0,05.10^{-6}$, indépendant de la température ([2]), pour des raisons évoquées plus loin. Au-dessous de +180°C les écarts de la loi de Weiss



observés avec les alliages sont du même ordre de grandeur que pour le palladium. Pour les trois derniers alliages la variation thermique du coefficient d'aimantation est extrêmement faible. Pour l'alliage à 9,5 % atomique de rhénium, bien que très faible aussi, elle s'exprimerait encore par une droite de Weiss.

III. L'examen au microscope métallographique a révélé que les alliages à 17,1, 25 et 40 % atomique de rhénium sont à deux phases, alors que les cinq premiers sont à phase unique. La courbe de la figure 1 montre d'autre part que, à mesure que l'alliage s'enrichit en rhénium, son coefficient d'aimantation, d'abord très rapidement décroisssant, ne varie presque plus à partir de la concentration 17 %, dont le voisinage peut être considéré comme limite de la solution solide.

([2]) N. Perakis et L. Capatos, *J. Phys.*, 6, 1935, p. 463.

Si l'on porte sur un graphique les points de Curie paramagnétiques — θ_p consignés dans le tableau (alliages à phase unique) en fonction de la concentration atomique de rhénium, on obtient la droite de la figure 1 *a*. Or, pour les métaux Ag, Al, Sn, Pb et Sb en solution solide dans le palladium et dans certaines limites de concentration, l'un de nous ([3]) a établi que θ_p varie linéairement avec le produit, C_e, de la concentration atomique du métal dissous par sa valence habituelle : $\theta_p = -227 - 1600\, C_e$. On en déduirait pour le rhénium une valence supérieure à sept. C'est pourquoi on a pris plus haut le rhénium à l'état heptavalent.

Il semble donc que le rhénium se dissolve dans le palladium en cédant tous ses électrons périphériques et que, les 0,65 trous par atome de palladium étant bouchés, il y ait formation d'une nouvelle phase à paramagnétisme pratiquement constant en juxtaposition avec la solution solide saturée en rhénium.

ÉLECTROMAGNÉTISME. — *Sur la vitesse moyenne de l'énergie dans un milieu ionisé absorbant hétérogène de paramètres lentement variables.* Note (*) de M. **Henri Arzeliès**, présentée par M. Jean Cabannes.

Introduction. — La vitesse V_e de l'énergie, en un point d'un milieu où règne un champ électromagnétique, est

$$\vec{V}_e = \vec{r} : W,$$

$\vec{r}$ vecteur de Poynting, W densité de l'énergie. Nous considérons seulement ici la vitesse moyenne, soit $\overline{V}_e$. Pour un milieu ionisé transparent *et* une onde plane transversale, le produit de $\overline{V}_e$ par la vitesse de phase V est égal au carré de la vitesse dans le même milieu en l'absence d'ions. La détermination de $\overline{V}_e$ pour un milieu ionisé absorbant a été abordée par divers auteurs [Brillouin, van Mieghem ([1]), etc]. A l'examen, on s'aperçoit que les calculs, du moins ceux que je connais, supposent toujours l'onde transversale, avec ses vecteurs électrique et magnétique polarisés tous deux rectilignement. Or c'est là une hypothèse très particulière, même pour les milieux transparents. De plus les formules données se présentent avec une écriture assez compliquée, ne faisant pas ressortir suffisamment l'influence de l'extinction sur $\overline{V}_e$. Je me suis proposé de remédier à ces deux inconvénients.

Hypothèses et formules fondamentales. — Je considère un milieu ionisé, absorbant, de paramètres lentement variables, ce qui permet de raisonner *localement* comme sur un milieu homogène; les surfaces équiparamètres sont

---

([3]) J. Wucher, *Comptes rendus*, 230, 1950, p. 730.

(*) Séance du 4 août 1952.

([1]) *Propagation des ondes*, Gauthier-Villars, Paris, 1944, p. 73.

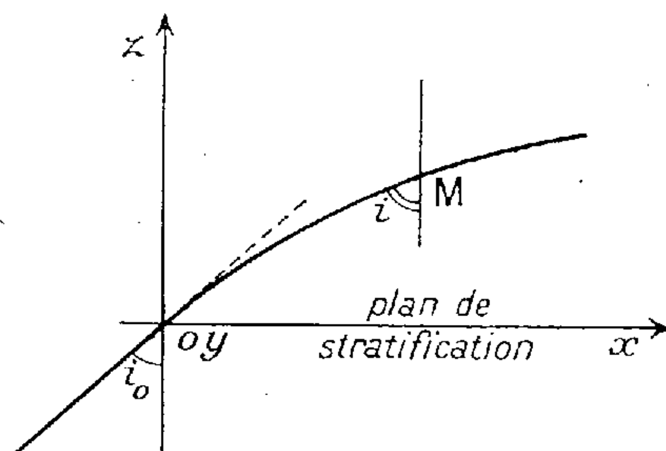
par hypothèse des plans parallèles. Les calculs ne tiennent pas compte de l'existence éventuelle d'un champ magnétique permanent. En utilisant la théorie ionique, j'ai été conduit, par adaptation de calculs antérieurs ([2]), à introduire deux paramètres ν et χ caractérisant, l'un la vitesse de phase V, $V = V_0 : \nu$ (V_0, vitesse dans le vide); l'autre l'exponentielle d'extinction $e^{-2\pi/\lambda_0 \chi z}$ (λ_0, longueur d'onde dans le vide; z, variable comptée normalement aux plans de stratification). On obtient, pour ν et χ, les relations fondamentales suivantes :

$$\boxed{2\nu\chi = \frac{q}{\cos i}, \qquad \nu^2 - \chi^2 = p.}$$

Les lettres p et q caractérisent le milieu au point considéré :

$$p = 1 - \frac{\omega_N^2}{\omega^2 + \omega_F^2} \qquad q = \frac{\omega_F}{\omega} \frac{\omega_N^2}{\omega^2 + \omega_F^2}$$

avec ε et m charge et masse des ions, N densité ionique, ω_F nombre de chocs,



$\omega_N^2 = 4\pi N \varepsilon^2 : K_0 m$; K_0 caractérise les unités (par exemple $K_0 = 1$ pour le système électrostatique C. G. S.).

Le fait théorique essentiel est que les deux paramètres dépendent non seulement du point considéré dans le milieu, *mais aussi de l'angle i que fait la vitesse de phase avec les plans de stratification*. Dans l'exemple de l'ionosphère (*figure*), la vitesse en un point M dépendra donc, en toute rigueur, de l'angle i et donc de l'incidence i_0 à l'entrée dans la couche.

Polarisation des ondes. — Pour une valeur quelconque de i, l'onde dans le milieu absorbant n'est pas transversale. Il existe deux types simples : ou bien le vecteur électrique $\vec{e}$ est polarisé rectilignement, le vecteur magnétique $\vec{h}$ étant polarisé elliptiquement; ou bien l'inverse. Le premier cas sera réalisé si l'onde qui pénètre dans le milieu absorbant a son vecteur électrique parallèle

([2]) *Ann. Phys.*, 1947, p. 154; les ν et χ utilisés dans les deux publications sont *analogues* mais *non identiques*.

aux plans de stratification. En prenant cette direction pour axe Oy, on obtient

$$e_y = \mathrm{E}\, e^{-\frac{2\pi}{\lambda_0}\chi z} \cos\omega\left[t - \frac{\nu}{\nu_0}(x \sin i + z \cos i)\right],$$

$$h_x = \mathrm{H}_x\, e^{-\frac{2\pi}{\lambda_0}\chi z} \cos\omega\left[t - \frac{\nu}{\nu_0}(x \sin i + z \cos i) - \frac{\varphi}{\omega}\right],$$

$$h_z = \mathrm{H}_z\, e^{-\frac{2\pi}{\lambda_0}\chi z} \cos\omega\left[t - \frac{\nu}{\nu_0}(x \sin i + z \cos i)\right],$$

$$\mathrm{H}_x^2 = \frac{\mathrm{K}_0}{\mu_0}(\nu^2 \cos^2 i + \chi^2)\mathrm{E}^2,$$

$$\mathrm{H}_z^2 = \frac{\mathrm{K}_0}{\mu_0}\nu^2 \sin^2 i\, \mathrm{E}^2, \qquad \mathrm{tg}\,\varphi = \frac{\chi}{\nu \cos i};$$

μ_0 caractérise les unités. On obtiendrait des formules analogues pour l'autre type d'onde.

Vitesse moyenne de l'énergie. — Les formules précédentes peuvent être appliquées à divers problèmes. Elles permettent en particulier le calcul de $\overline{\mathrm{V}}_e$ à partir de sa définition. Le calcul du vecteur de Poynting est immédiat. Pour le calcul de W, il faut tenir compte de deux espèces d'énergie : l'énergie électromagnétique et l'énergie cinétique des ions. On est conduit à

$$\boxed{\mathrm{V}\,\overline{\mathrm{V}}_e = \frac{\mathrm{V}_0^2}{1+\chi^2}.}$$

Cette formule, plus générale que celles données antérieurement, est d'écriture beaucoup plus simple; l'influence de l'extinction apparaît immédiatement grâce à l'emploi du paramètre χ. La vitesse dépend naturellement de i. Pour les calculs ionosphériques χ^2 est généralement négligeable devant l'unité; $\overline{\mathrm{V}}_e$ peut donc en général être pris avec sa valeur $\mathrm{V}_0^2 : \mathrm{V}$. La formule précédente permet toutefois d'apprécier commodément la valeur de l'approximation. Elle conduit également à rectifier certains énoncés (par exemple, vitesse dans un conducteur ohmique, etc.), comme je le montrerai ailleurs.

RADIOÉLECTRICITÉ. — *Correspondance entre le niveau moyen des atmosphériques et le degré d'intelligibilité d'une liaison radioélectrique sur onde kilométrique.* Note (*) de M. **Fernand Carbenay**, présentée par M. Camille Gutton.

La présente Note a pour objet d'examiner, pour la première fois, la correspondance entre les paramètres du niveau moyen (cadence de succession, intensité du champ moyen) des atmosphériques et le degré d'intelligibilité d'une liaison radioélectrique déterminée.

Nous avons proposé dans des Notes antérieures de définir l'activité des atmosphériques par les deux paramètres suivants :

(*) Séance du 4 août 1952.

1° la *cadence de succession* des atmosphériques, dont l'enregistrement a été poursuivi par R. Bureau depuis 1925 ([1]). Nous avons défini le seuil de fonctionnement du récepteur-enregistreur par le flux d'impulsion Φ_0, par unité de hauteur effective h de l'aérien, d'une force électromotrice engendrée dans cet aérien pendant une durée brève devant la période d'accord du récepteur ([2]). Le paramètre $\Psi_0 = \Phi_0/h$ s'exprime en microvoltsecondes ou en maxwells par mètre.

2° le *champ électrique moyen* des atmosphériques ([3]).

Le champ électrique moyen d'atmosphériques d'amplitude constante, se succédant à la cadence n par unité de temps et provoquant chacun dans l'aérien un flux d'impulsion Φ, est égal à $F_{moy} = n\Phi/h$.

Plus généralement, le champ électrique moyen des atmosphériques d'amplitude variable qui produisent dans l'aérien, pendant un intervalle de temps $(t_b - t_a)$, des flux d'impulsion $\Phi_1, \Phi_2, \ldots, \Phi_m, \ldots, \Phi_p$ est

$$F_{moy} = \frac{\sum_{m=1}^{m=p} \Phi_m}{h(t_b - t_a)}.$$

Nous nous sommes proposé d'examiner la correspondance entre le niveau moyen (cadence de succession, champ moyen) des atmosphériques et le degré d'intelligibilité, déterminé en application de la méthode du National Physical Laboratory, d'une liaison radioélectrique réalisée avec un matériel défini.

L'expérience a eu lieu, le 26 juin 1952, au Laboratoire National de Radioélectricité. Un émetteur et un récepteur installés dans la cour du Laboratoire à Bagneux permettaient d'effectuer une liaison radioélectrique sur 27 kc/s (11 km) à la vitesse de 40 mots par minute avec une intensité de champ des signaux à la réception de 340 microvolts par mètre. Le circuit d'entrée du récepteur, relié à une antenne verticale, était soumis aux actions simultanées des signaux et des atmosphériques. Plusieurs transmissions automatiques de groupes de lettres et de chiffres furent effectuées à différentes heures de la journée. La proportion des fautes ([4]) est indiquée sur la figure par des points cerclés. Les

---

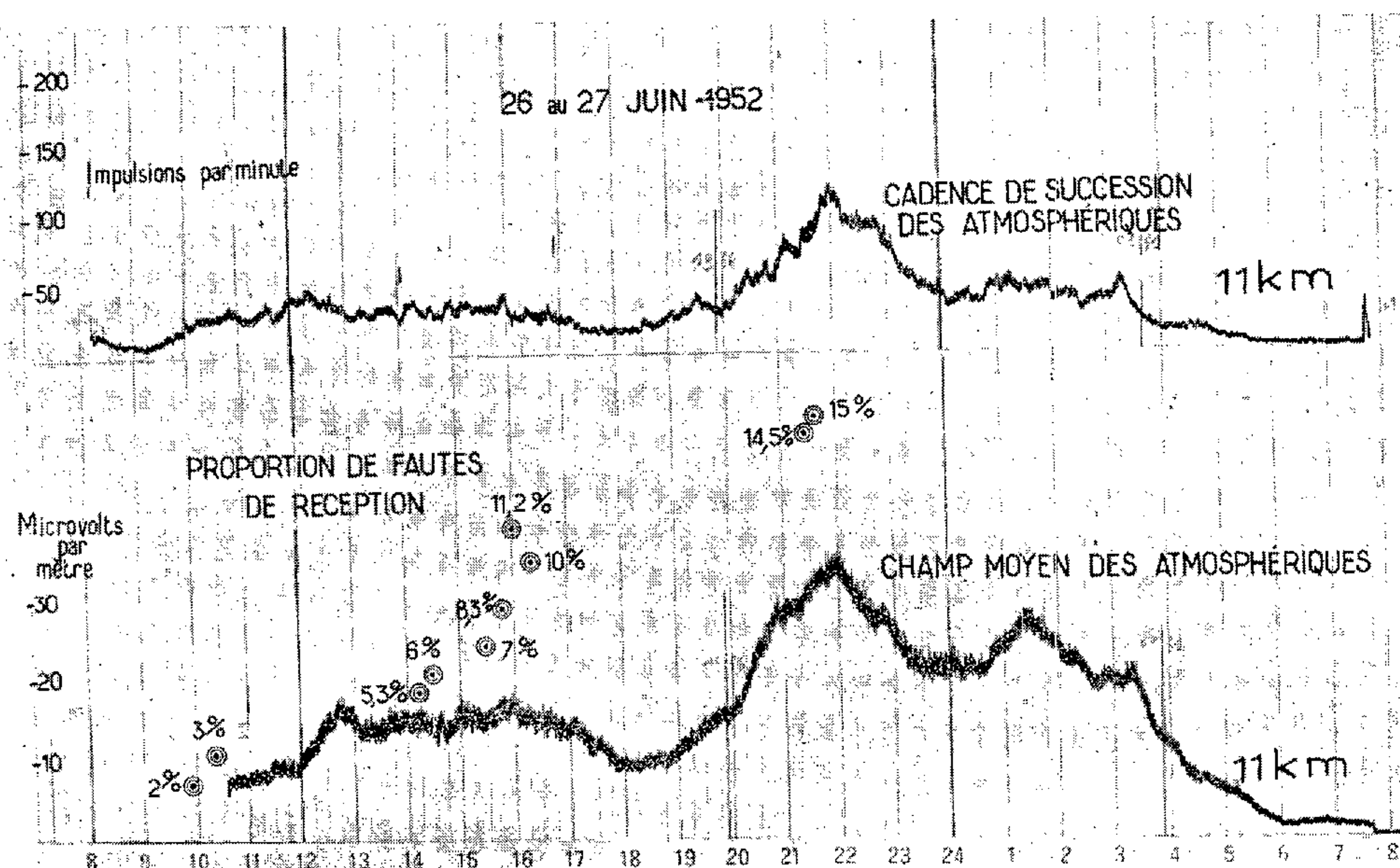
([1]) Recherches récentes sur les parasites atmosphériques, le radiocinémographe et son application à l'étude de la propagation des ondes (*La Météorologie*, nos 73-75, avril, mai et juin 1931).

([2]) F. Carbenay, Flux d'impulsion définissant le seuil de fonctionnement d'un récepteur-enregistreur du niveau moyen des atmosphériques (*Recueil des travaux de l'Union Radio-Scientifique Internationale*, Stockholm, 1948, n° 145, p. 355 et *Comptes rendus*, **226**, 1948, p. 1710; **227**, 1948, p. 51).

([3]) F. Carbenay, *Comptes rendus*, **230**, 1950, p. 1648.

([4]) Cette proportion est le rapport du nombre de chiffres ou de lettres affectés (erronés ou indéchiffrables) par les atmosphériques au nombre total de chiffres ou de lettres transmis.

enregistrements de la cadence et du champ moyen des atmosphériques effectués à Bagneux, sur 27 kc/s, sont reproduits sur la figure qui montre la correspondance, avec le matériel utilisé ([5]), entre les paramètres du niveau moyen des atmosphériques et le degré d'intelligibilité de la liaison considérée. On observe, par exemple, à 10 h 25 m, 3 % de fautes de réception pour un champ moyen d'atmosphériques de 7,5 microvolts par mètre et à 21 h 33 m, 15 % de fautes pour un champ de 33 microvolts par mètre.



PHYSIQUE NUCLÉAIRE. — *Sur les réactions (n, α) provoquées par les neutrons lents sur les isotopes séparés du zinc, ainsi que sur le nickel.* Note (*) de Mme **Henriette Faraggi**, M. **René Bernas** et M[lle] **Arlette Bonnet**, présentée par M. Louis Leprince-Ringuet.

Nous avons montré que l'isotope 67 du zinc, concentré à 75 %, émet des rayons α sous l'action des neutrons thermiques. La section efficace de la réaction $^{67}Zn(n, \alpha)^{64}Ni$ est de $5,5.10^{-30}$ cm² et l'énergie des α est d'environ 7,5 MeV. Pour les isotope 66 et 68, $\sigma(n, \alpha) < 2.10^{-29}$ cm² et pour le nickel $\sigma(n, \alpha) < 2.10^{-30}$ cm².

Dans une Note précédente ([1]), nous avons mis en évidence la réaction $^{64}Zn(n, \alpha)^{61}Ni$, de section efficace $1,5.10^{-29}$ cm², l'énergie des alpha

([5]) Le matériel est décrit dans une Note préliminaire (en préparation) du Laboratoire National de Radioélectricité.

(*) Séance du 7 juillet 1952.

([1]) H. Faraggi et R. Bernas, *Comptes rendus*, 234, 1952, p. 1684.

étant d'environ 6,6 MeV. Nous donnons ici les résultats obtenus avec les isotopes 66, 67, 68 du zinc, ainsi que les déductions que l'on peut tirer de l'utilisation du nickel comme support des cibles.

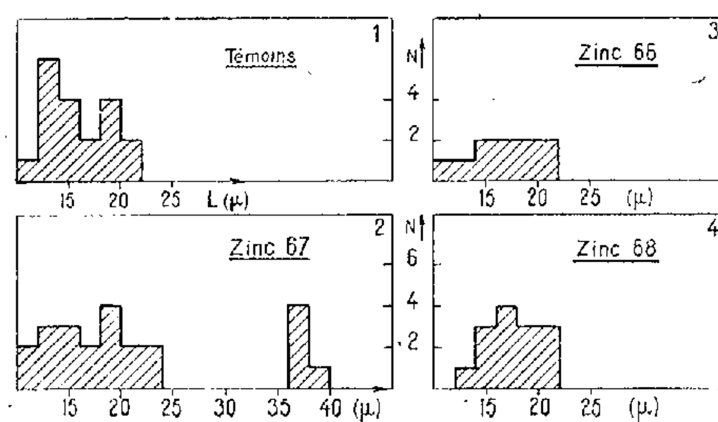
Les isotopes étaient concentrés à 75 % à l'aide du séparateur d'isotopes du C. E. A., puis déposés électrolytiquement sur nickel. Les cibles ainsi obtenues étaient maintenues en contact étroit avec des émulsions nucléaires Ilford C_2, 50 μ et exposées dans la pile de Châtillon à des flux totaux de neutrons thermiques de l'ordre de $7,5.10^{11}$ neutrons/cm². Les techniques de mesure des flux, de développement des émulsions et d'observation étaient les mêmes que précédemment (¹).

Zinc 67. — Nous disposions de 0,352 mg de zinc 67, déposés en couche de 1,79 mg/cm². Pour obtenir une surface d'exploration suffisante, nous avons utilisé ce dépôt à l'irradiation successive de trois émulsions. La surface totale dépouillée a été de 19,93 mm². La figure 1 représente la répartition des trajectoires des particules α en fonction de leur longueur, dans une émulsion dépourvue de cible et exposée aux neutrons, ainsi que sur les zones d'émulsions situées en regard des supports de nickel (24 mm² au total). La figure 2 représente la même répartition dans le cas du zinc 67. On trouve dans les deux cas un « fond continu » de trajectoires de fréquences voisines et de longueur inférieure à 25 μ. Mais en outre, on voit se détacher nettement, dans le cas du zinc 67, cinq trajectoires de parcours moyen 38 μ, qui ont été trouvées avec une fréquence régulière dans les trois émulsions (deux traces dans chacune des deux premières, une dans la troisième). Malgré le petit nombre de ces traces, le fait qu'elles aient toutes la même longueur, et qu'on ne les ait observées que dans le cas du zinc 67, ne permet guère d'autre interprétation que celle d'une réaction (n, α) provoquée par des neutrons thermiques sur le zinc 67. L'énergie moyenne des α émis est 7,5 MeV et la section efficace déduite des mesures $5,5.10^{-30}$ cm².

Zinc 66. — Nous avons utilisé une couche de 1,32 mg/cm² à l'irradiation de deux émulsions. Le dépouillement a porté au total sur 17,5 mm². La distribution des trajectoires ne montre aucune trace de longueur supérieure à 25 μ et la fréquence des traces est la même que dans le témoin (*fig.* 3). La section efficace de la réaction (n, α) provoquée par des neutrons thermiques sur ^{66}Zn et produisant des particules α de longueur supérieure à 25 μ (E > 5 MeV) est, par suite, inférieure à 10^{-30} cm². Pour des particules d'énergie inférieure à 5 MeV, il ne serait possible de caractériser une émission α spécifique de la cible qu'à condition qu'elle se manifeste par des trajectoires de même longueur ayant une fréquence nettement supérieure à celle du « fond continu » : si l'on admet qu'il faudrait trois frois plus de traces que le fond continu pour pouvoir conclure à un effet certain, on peut dire que la section efficace (n, α) pour des particules d'énergie inférieure à 5 MeV est inférieure à 2.10^{-29} cm².

Zinc 68. — Deux émulsions ont été exposées en contact avec une cible de 1,25 mg/cm²; une surface totale de 18,9 mm² a été dépouillée (*fig.* 4) : on n'observe rien de caractéristique en dehors du fond continu habituel. Les limites supérieures de section efficace (n, α) sont donc 10^{-30} cm² pour des α de plus de 5 MeV et 2.10^{-29} cm² pour des α de moins de 5 MeV.

Nickel. — Au cours de tous les dépouillements effectués, tant sur les cibles déposées sur nickel que sur les zones d'émulsions exposées directement en contact avec le support de nickel, nous n'avons rencontré (en dehors des trajectoires caractérisant ^{64}Zn et ^{67}Zn) aucune trajectoire pouvant être attribuée au nickel, utilisé en couche épaisse. On peut déduire de ce fait que $\sigma(n, \alpha)$ est inférieure à 2.10^{-30} cm² pour $E_\alpha < 5$ MeV et à 10^{-32} cm² pour $E_\alpha > 5$ MeV.



Discussion. — Les énergies observées des particules α émises dans les réactions (n, α) dues au zinc 64 (6,6 MeV) et au zinc 67 (7,5 MeV) peuvent être comparées aux valeurs prévues par les mesures exactes des masses (²). Les valeurs données par les divers auteurs pour ces masses ne sont pas toujours concordantes : il semble cependant que les valeurs expérimentales que nous avons obtenues soient supérieures de 1,5 à 2 MeV aux valeurs données par les différences de masse. Il faudrait admettre : *a.* soit que les relations « parcours-énergie » habituellement admises pour les émulsions nucléaires puissent varier de 20 %, ce qui semble impossible dans le domaine d'énergie considéré; *b.* soit que les erreurs expérimentales dans les mesures de masses soient environ 10 fois plus grandes que les erreurs annoncées par les auteurs; *c.* soit qu'il subsiste encore un décalage entre l'échelle des réactions nucléaires et l'échelle des masses, comme cela a déjà été signalé dans le domaine des noyaux légers (³).

Les expériences se poursuivent et un compte-rendu plus détaillé paraîtra ultérieurement.

(²) K. OGATA, *Phys. Rev.*, 75, 1949, p. 200; H. E. DUCKWORTH, C. L. KEGLEY, S. M. OLSON et G. S. STANFORD. *Phys. Rev.*, 83, 1951, p. 1114; T. L. COLLINS, A. O. NIER et W. H. JOHNSON, *Phys. Rev.*, 86, 1952, p. 408.

(³) A. TOLLESTRUP, W. A. FOWLER et C. C. LAURITSEN, *Phys. Rev.*, 78, 1950, p. 372.

PHYSIQUE NUCLÉAIRE. — *Mesure du rapport capture* L/*capture* K *de* ^{79}Kr. Note (*) de M. **Pierre Radvanyi**, présentée par M. Frédéric Joliot.

On a essayé de mesurer le rapport capture L/capture K pour ^{79}Kr en dénombrant, dans une chambre de Wilson, les trajectoires d'électrons Auger K et d'électrons Auger L isolés, dans un volume défini. Le résultat obtenu est : $L/K = 0,27 \pm 0,09$; cette valeur est très supérieure à ce que donne la théorie.

En 1935 déjà Yukawa et Sakata (1) indiquaient dans leur étude sur les transitions radioactives $Z \rightarrow Z - 1$ que n'importe quel électron périphérique pouvait en principe être capturé par le noyau, bien que la capture K soit en général la plus probable. Mais ce n'est qu'en 1949 que B. Pontecorvo, D. H. W. Kirkwood et G. C. Hanna (2) purent mettre en évidence pour $^{37}_{18}$A la capture d'électrons L_1. Cette mise en évidence, et la mesure du rapport capture L/capture K sont assez difficiles; cela explique qu'un nombre relativement réduit de travaux ait été fait depuis sur la capture L (3), parfois par des méthodes très indirectes, en général avec une marge d'erreur très grande.

Nous avons essayé de mesurer le rapport capture L/capture K pour ^{79}Kr de période 34,5 heures (4) en utilisant la chambre de Wilson à pression variable et une méthode analogue à celle déjà employée (5) pour le rapport capture K/émission β^+. Les trajectoires d'électrons Auger K ($W_K - 2W_L$, $W_K - W_L - W_M$, $W_K - 2W_M$, ...) (énergie entre 10 et 13 keV) ont une longueur de l'ordre de 5 mm. Les phénomènes du niveau L (électrons Auger L et photoélectrons dus aux photons L), dont l'énergie est comprise entre 1,1 et 1,8 keV, apparaissent dans la chambre, lorsqu'ils ne sont pas directement associés à un électron Auger K, comme de gros points noirs dus à des amas de gouttelettes d'eau se détachant très nettement du brouillard de fond. On dénombre ces deux sortes de trajectoires dans un volume cylindrique de 17 mm de haut et de 110 mm de diamètre, à l'intérieur de la zone éclairée de la chambre. Soient N_K et N_L les nombres obtenus. Les électrons Auger L isolés proviennent soit des captures L, soit de celles des captures K qui sont suivies par l'émission de photons $E_K - E_L$.

(*) Séance du 21 juillet 1952.

(1) H. Yukawa et S. Sakata, *Proc. Phys. Math. Soc. Japan*, 17, 1935, p. 467.

(2) B. Pontecorvo, D. H. W. Kirkwood, et G. C. Hanna, *Phys. Rev.*, 75, 1949, p. 982.

(3) En particulier : sur ^{113}Sn par D. A. Thomas, S. K. Haynes, C. D. Broyles et H. C. Thomas, *Phys. Rev.*, 82, 1951, p. 961; sur ^{185}Os par M. M. Miller et R. C. Wilkinson, *Phys. Rev.*, 83, 1951, p. 1050; sur ^{125}I par G. Friedlander et W. C. Orr, *Phys. Rev.*, 84, 1951, p. 484; et sur ^{235}Np par R. A. James, A. Ghiorso, D. Orth, *Phys. Rev.*, 85, 1952, p. 369.

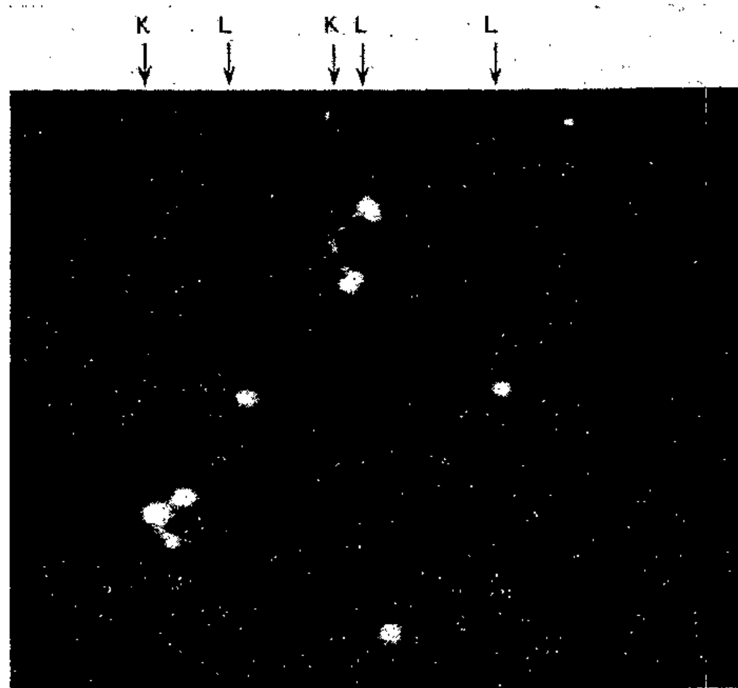
(4) P. Radvanyi, *Comptes rendus*, 234, 1952, p. 1275.

(5) P. Radvanyi, *Comptes rendus*, 235, 1952, p. 289.

Le rapport capture L/capture K est égal à

$$(1) \qquad \frac{L}{K} = \frac{(N_L - N_{\Phi L})}{(N_K - N_{\Phi K})} \frac{(1 - R_K)}{(1 - R_L)} - kR_K.$$

R_K est le rendement de fluorescence K que l'on peut prendre égal à 0,57 [6]; R_L est le rendement de fluorescence L : il faudrait en principe tenir compte des rendements différents L_I, L_{II} et L_{III} et des transitions du type Coster-Kronig, mais dans le cas du krypton R_L est très petit, environ 0,03 [7], et ce qui intervient dans l'expression (1) est $(1 - R_L)$; on peut donc prendre avec une bonne précision : $(1 - R_L) = 0,97$. k est la proportion de photons K donnant une ionisation des couches L (intensité relative des raies K_α dans la série K); on



Électrons Auger K (traces allongées et coudées) et électrons Auger — ou photoélectrons — L (gros points) G : × 3,7.

peut prendre $k = 0,84$ [8]. $N_{\Phi K}$ est la correction de (2 % ± 1 %) due aux photons K absorbés dans la région définie [5]. $N_{\Phi L}$ est la correction due aux photons L absorbés : pratiquement tous les photons L émis sont absorbés; une estimation de ce nombre donne $N_{\Phi L}/N_L = 0,065 \pm 0,03$.

Nous avons trouvé $N_K = 444$ et $N_L = 783$. Ce qui donne $L/K = 0,27 \pm 0,09$.

M. E. Rose et J. L. Jackson [9] ont calculé le rapport théorique capture L_I/capture K, en fonction de Z au facteur énergétique près, (la capture L_I est, d'après la théorie, de beaucoup la plus probable après la capture K); dans le cas du krypton émetteur β^+, ce facteur $(E_{L_I}/E_K)^2$, carré du rapport des énergies des neutrinos émis dans la capture L_I et la capture K, par lequel il faut multi-

(6) E. H. S. Burhop, *The Auger Effect*, Cambridge University Press, 1952, p. 48.
(7) H. Lay, *Z. Physik*, 91, 1934, p. 533, et E. H. S. Burhop, ouvrage cité, p. 54.
(8) J. H. Williams, *Phys. Rev.*, 44, 1933, p. 146.
(9) M. E. Rose et J. L. Jackson, *Phys. Rev.*, 76, 1949, p. 1540.

plier les valeurs calculées par Rose et Jackson, est égal à 1,01. D'où la valeur théorique L/K = 0,10, qui est très inférieure à la valeur expérimentale. On ne voit pas d'où peut provenir ce désaccord. La théorie qui permet de calculer L/K paraît bien fondée. Mais d'autre part, il ne semble pas qu'une erreur expérimentale systématique ou une erreur sur l'une des constantes utilisées dans l'expression (1) puisse expliquer une différence aussi importante. Il est à remarquer que les auteurs qui ont jusqu'ici mesuré L/K pour d'autres isotopes, de Z plus grand que 36, ont trouvé des résultats, bien que peu précis, tous supérieurs à ce que donnerait la théorie pour $(E_{L_I}/E_K)^2$ voisin de 1; mais comme dans tous ces cas il s'agissait de transitions sans émission β^+, dont le bilan d'énergie n'était donc, en général, pas connu, ces auteurs en ont conclu que l'énergie disponible était suffisamment faible pour donner un rapport L/K élevé.

CHIMIE PHYSIQUE. — *Recherches complémentaires sur la promotion en catalyse hétérogène.* Note (*) de MM. **Louis d'Or** et **Adam Orzechowski**, présentée par M. Jean Cabannes.

Dans une Note précédente, nous avons relaté des mesures effectuées sur des catalyseurs Ni-oxyde de cérium, mesures qui ont mis en évidence l'existence en surface de deux formes de nickel qui adsorbent l'une et l'autre l'hydrogène à 180° C : une forme métallique catalytiquement active dans la réaction d'hydrogénation du phénol en phase gazeuse et une autre forme inactive, probablement non métallique, présente au moins dans les catalyseurs inactifs.

Comme il est possible que cette dernière forme soit également représentée, à côté du nickel métallique, dans les catalyseurs actifs, un nouveau progrès dans la connaissance de nos catalyseurs eût été apporté par une discrimination quantitative entre les deux formes de nickel.

Cette nouvelle étape a pu être franchie grâce aux données fournies par l'étude de l'adsorption de l'hydrogène à la température de l'azote liquide et sous faible pression (< 0,1 mm Hg).

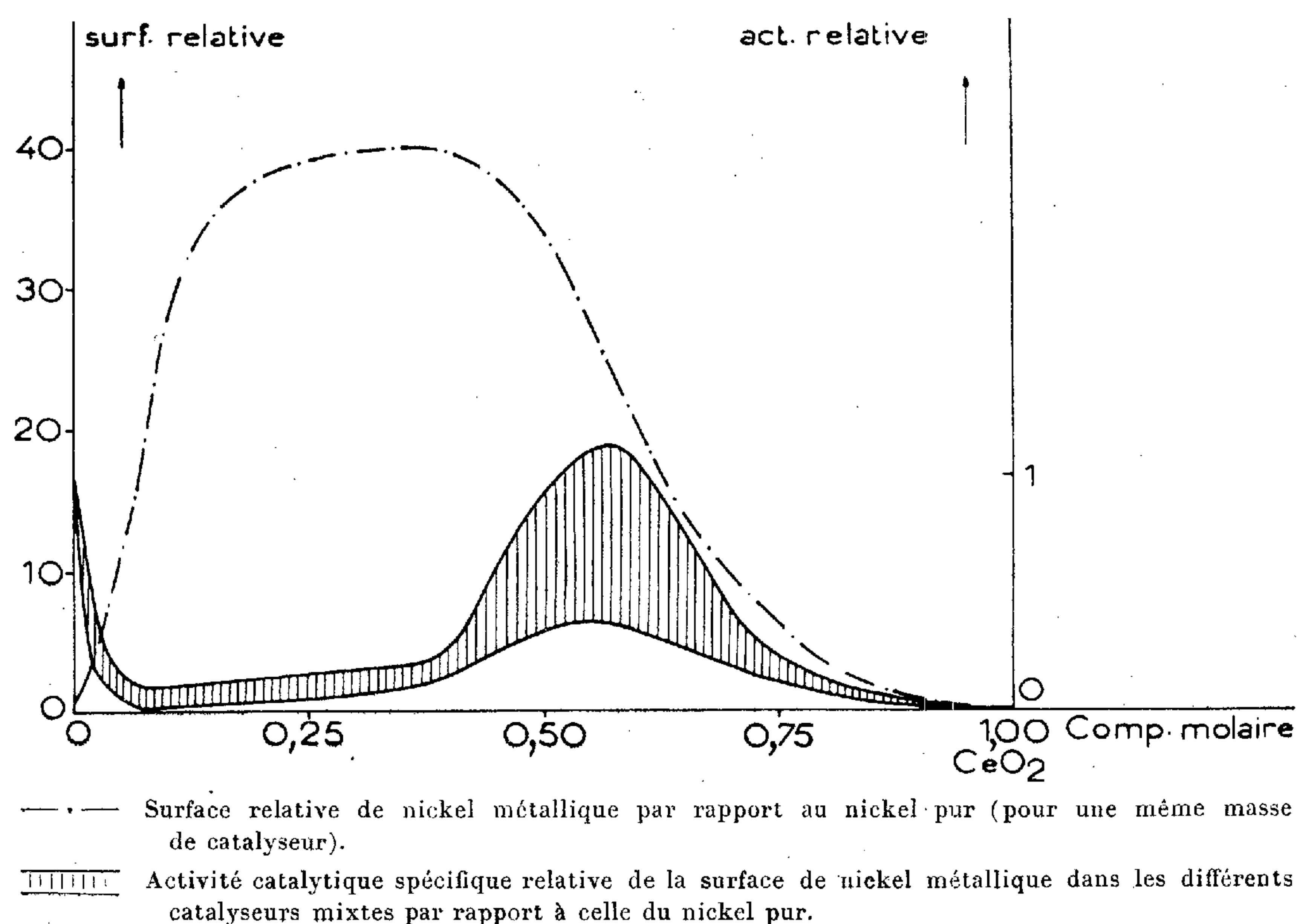
L'expérience nous a montré en effet que l'oxyde de cérium pur n'adsorbe pas l'hydrogène dans ces conditions, que les catalyseurs pauvres en nickel, mais qui possèdent une très grande capacité d'adsorption pour l'hydrogène à 180° et sous une atmosphère, n'en adsorbent que de très faibles quantités à — 195° C et sous 0,1 mm Hg, tandis que les catalyseurs plus ou moins actifs plus riches en nickel (y compris le nickel pur) en adsorbent des quantités importantes, comparables à celles fixées à 180° C et sous une

(*) Séance du 28 juillet 1952.

atmosphère. Pour ces derniers catalyseurs, à — 195° C, la saturation est déjà atteinte pour des pressions de l'ordre de 0,01 atm, c'est-à-dire que tout ou partie du nickel s'y comporte comme le nickel des films préparés par Beeck [1].

En admettant que les plages de nickel qui adsorbent l'hydrogène à — 195° C sont des plages de nickel métallique, la mesure de l'adsorption à — 195° C donne le moyen d'évaluer la surface de celles-ci par unité de masse de catalyseur.

La figure montre la variation de cette surface unitaire de nickel métal-



—·— Surface relative de nickel métallique par rapport au nickel pur (pour une même masse de catalyseur).

Activité catalytique spécifique relative de la surface de nickel métallique dans les différents catalyseurs mixtes par rapport à celle du nickel pur.

lique mesurée en prenant comme unité la surface unitaire du catalyseur constitué par du nickel pur.

Si les plages de nickel métallique sont les seules actives en catalyse, nous avons, maintenant, le moyen d'en jauger la qualité en calculant l'activité par unité de surface métallique.

La figure montre comment varie cette activité spécifique évaluée en prenant comme unité l'activité spécifique du nickel pur.

On voit que la « qualité » la plus élevée de la surface active des cata-

(1) BEECK, SMITH et WHEELER, *Proc. Roy. Soc.*, A, 177, 1940, p. 62.

lyseurs mixtes ne dépasse pas ou ne dépasse guère celle du nickel pur (²); que, par contre, dans la plupart des catalyseurs mixtes, la qualité de la surface métallique est nettement déprimée par rapport à celle du nickel pur.

En résumé, on ne trouve, dans tous les cas, aucune trace d'une exaltation importante de la qualité de la partie active de la surface par la présence du promoteur; au contraire, sauf peut-être pour une proportion optimum où le nickel garde à peu près les propriétés qu'il possède à l'état pur, la présence du « promoteur » réduit l'activité spécifique des surfaces métalliques.

Si, comme on a des raisons de le croire, la densité des trous positifs dans la couche *d* du nickel influence les propriétés catalytiques de celui-ci, cette réduction de l'activité catalytique par le promoteur pourrait peut-être s'interpréter par un échange d'électrons entre des ions Ce^{+++}, qui deviendraient Ce^{++++}, et la couche *d* du nickel dont le degré de saturation serait accru.

Dans le cas étudié au moins, l'efficacité du promoteur provient donc uniquement d'un accroissement considérable non seulement de la surface totale du catalyseur, mais aussi de la surface métallique active présente par unité de masse.

CHIMIE PHYSIQUE. — *Courbes d'ébullition et de rosée du mélange azéotrope nitrique-acide à 100 % sous 760 mm Hg.* Note (*) de Mme **Jacqueline Potier**, transmise par M. Paul Pascal.

Dans une précédente Note, j'ai donné les courbes d'ébullition et de rosée du mélange eau-azéotrope nitrique (¹). Pour ces déterminations, je m'étais servie de l'ébulliomètre de J. Cathala, R. Leclerc et D. Hardie (²). Avec le même appareil, j'ai étudié le mélange azéotrope nitrique-acide à 100 %. Les points expérimentaux sont portés sur la figure 1; l'ensemble de ces points ne permet pas d'en déduire avec certitude les courbes de rosée et d'ébullition.

En effet, pour éviter la décomposition de NO_3H (³), j'ai été amenée à augmenter les débits et, de ce fait, l'équilibre entre le liquide et la vapeur n'est peut-être plus réalisé.

(²) L'activité des catalyseurs contenant environ 50% de nickel est très grande, de telle sorte que la mesure de la vitesse initiale d'hydrogénation en leur présence ne peut pas être mesurée de manière précise.

(*) Séance du 28 juillet 1952.

(¹) J. Potier, *Comptes rendus*, **232**, 1951, p. 1106.

(²) *Bull. Soc. Chim.*, **17**, 1950, p. 1129.

(³) L. M. Simmons et M. J. Canny, *J. Ind. Proc. Roy. Soc.*, News South Wales, **83**, 1950, p. 238.

En reprenant la théorie de l'ébulliomètre dynamique, nous avons pu, avec A. Potier ([4]), après avoir tracé les courbes de la figure 1, montrer l'avantage qu'il y a d'alimenter l'appareil avec un liquide et une vapeur particulièrement choisis par rapport aux valeurs à l'équilibre. Pour avoir un débit constant de vapeur de composition choisie et constante, nous vaporisons totalement et instantanément un liquide connu s'écoulant à débit constant. L'appareil

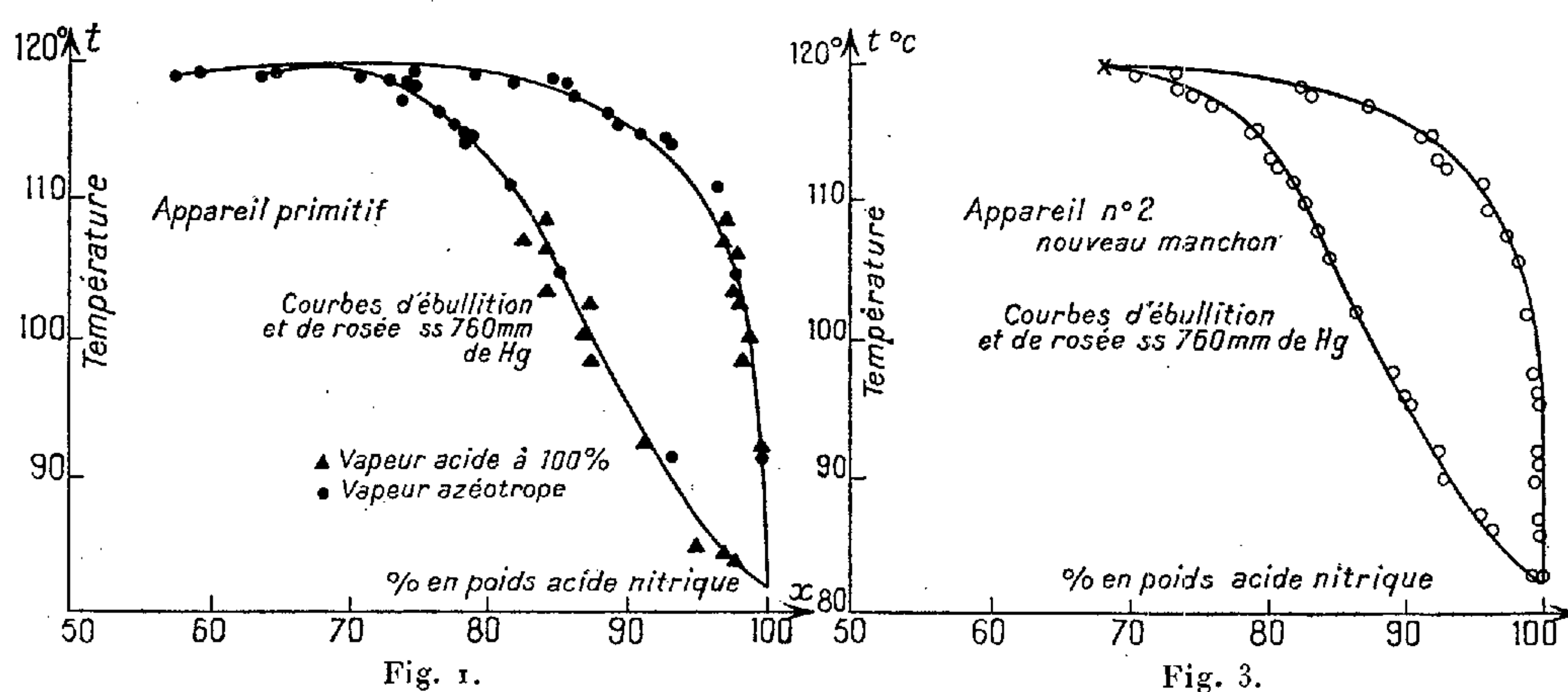


Fig. 1.

Fig. 3.

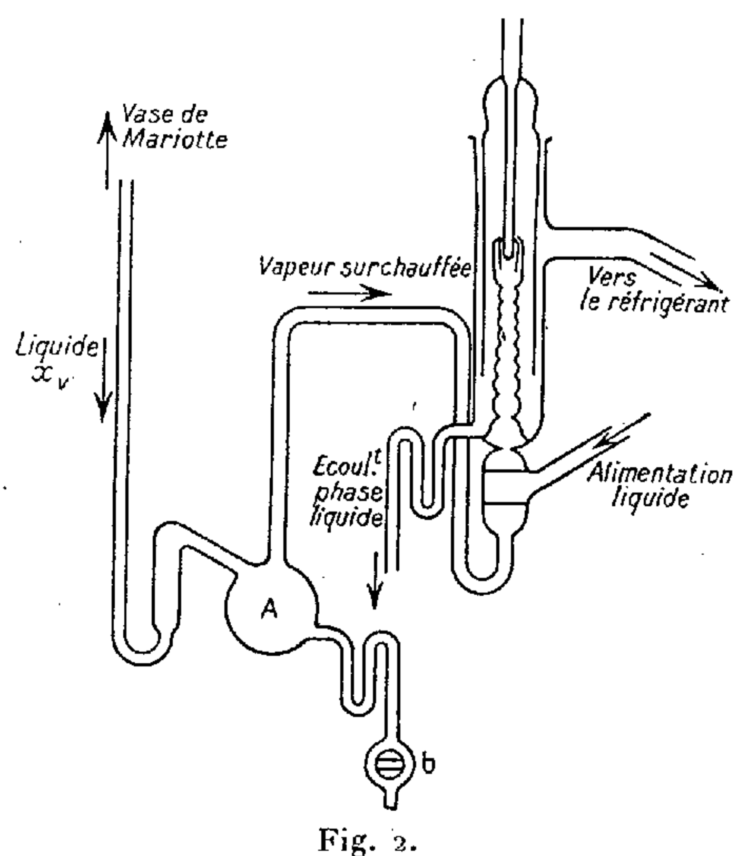


Fig. 2.

est donc modifié (*fig.* 2) par l'addition du petit ballon A où le liquide introduit est vaporisé instantanément.

Au cours d'une même expérience, en réglant convenablement le chauffage de A, on peut maintenir le niveau du liquide constant, et, de ce fait, le titre du liquide d'alimentation et celui du liquide en ébullition sont les mêmes.

([4]) J. Potier et A. Potier, *Bull. Soc. Chim.*, 1952, p. 250; A. Potier, *Centre de perfectionnement technique* (*Cours conférences*, fasc. n° 2764, 1951).

Grâce à cet appareil, j'ai obtenu les résultats de la figure 3 et du tableau ci-dessous.

Températures (° C).	% en poids en NO_3H dans la phase liquide.	% en poids en NO_3H dans la phase vapeur.	Températures (° C).	% en poids en NO_3H dans la phase liquide.	% en poids en NO_3H dans la phase vapeur.
118,5.......	74,1	81,9	102.........	86,6	98,4
117.........	75,9	86,7	97,5........	89,1	98,9
115.........	78,8	91,8	95,8........	89,9	99,55
114,8-115...	78,8	90,7	95,5........	90,57	99,6
113.........	79,8	91,9	92..........	91,5	99,5
112,6.......	80,4	92,96	91..........	93,4	99,52
111,5.......	81,5	95,5	87,2........	95,3	99,55
108,8.......	82,5	95,7	86,9........	86,19	99,65
108.........	83,3	97,4	82,8........	99,45	99,9
106.........	84,3	97,4			

Avec ce nouveau dispositif, la décomposition de NO_3H dans la phase vapeur est pratiquement éliminée. Elle atteint son maximum pour des températures comprises entre 105 et 115°, mes analyses montrent qu'elle ne dépasse pas 0,5 %.

HISTOCHIMIE. — *Distribution de l'activité cholinestérasique au niveau de la synapse myoneurale.* Note (*) de MM. **René Couteaux** et **Jacques Taxi**, transmise par M. Louis Lapicque.

En modifiant certaines conditions d'emploi de la méthode de Koelle, il est possible, sur les muscles striés de la Grenouille, du Lézard et de la Souris, de mettre en évidence, séparément ou simultanément selon les conditions de l'incubation, deux sièges nettement distincts d'activité cholinestérasique au niveau de la synapse myoneurale.

Grâce au développement des méthodes d'histochimie enzymatique, l'étude de l'activité cholinestérasique qui siège au niveau des synapses myoneurales est entrée depuis peu dans une phase nouvelle.

Sur des muscles de Rat et en utilisant comme substrat l'acétylthiocholine, G. B. Koelle et J. S. Friedenwald (1) ont été les premiers à prouver histochimiquement l'existence au niveau de la plaque motrice d'une très forte activité cholinestérasique, déjà révélée par des dosages sur muscles broyés. Nous avons retrouvé leurs résultats (2), confirmés aussi à l'aide d'une autre méthode histochimique par V. V. Portugalov et V. A. Yakovlev (3).

(*) Séance du 4 juin 1952.

(1) *Proc. Soc. Exper. Biol. and Med.*, 70, 1949, p. 617.

(2) *Arch. internat. Physiol.*, 59, 1951, p. 526-537.

(3) *Doklady Akad. Nank. S. S. S. R.*, 78, 1951, p. 1021.

Mais la plupart des images obtenues dans ces premières tentatives de détection histochimique des cholinestérases se trouvent encore entachées d'artefacts graves, résultant en particulier de phénomènes de diffusion imparfaitement expliqués, et ne permettent pas de définir avec précision la distribution de l'activité cholinestérasique au sein des structures complexes d'une plaque motrice.

En apportant quelques modifications à la méthode de Koelle ([4]), concernant notamment le pH du milieu d'incubation et le choix du tampon ([5]). nous avons pu éviter la plupart de ces artefacts, du moins pour les muscles striés de la Grenouille, du Lézard et de la Souris, sur lesquels ont surtout porté nos observations.

Des recherches antérieures ([2]) nous ayant d'autre part montré que l'inactivation par l'aldéhyde formique de certaines cholinestérases musculaires et nerveuses est assez lente pour qu'une « visualisation » de leur activité soit encore possible après fixation des tissus, nous avons effectué, concurremment aux colorations sur tissus frais telles que les pratique Koelle, des colorations sur tissus fixés, ces derniers pouvant seuls supporter les incubations nécessaires sans notable dommage pour les structures synaptiques.

Si l'on applique à la zone d'innervation motrice d'un muscle strié la méthode de Koelle ainsi modifiée, on constate que les colorations obtenues peuvent appartenir à deux types absolument différents.

Dans un premier type de préparations, seules apparaissent colorées, au niveau de chaque synapse myoneurale, les structures lamellaires décrites par l'un de nous à l'aide d'autres méthodes ([6]), et dont l'ensemble a été désigné sous le nom d'appareil sous-neural.

Cette première donnée histochimique s'accorde parfaitement avec les résultats des dosages montrant la persistance d'une forte activité cholinestérasique au niveau des plaques motrices privées de leur terminaison nerveuse par section du nerf moteur ([7]). Elle corrobore l'hypothèse émise antérieurement d'une forte concentration de cholinestérase au niveau de l'appareil sous-neural ([8]).

Avec l'autre type de préparations, obtenu généralement pour une valeur

---

([4]) *The Journ. of Pharm. and Exper. Therap.*, 100, 1950, p. 158.

([5]) Il est apparu nécessaire de choisir pour le muscle strié un pH inférieur à 6 et de remplacer le mélange de phosphates de Sörensen par d'autres tampons tels que le mélange acide acétique-acétate de sodium ou le mélange véronal sodique-acétate de sodium dans les zones de pH où son pouvoir tampon n'est pas trop faible.

([6]) R. Couteaux, *C. R. Soc. Biol.*, 138, 1944, p. 976; 140, 1946, p. 270.

([7]) R. Couteaux et D. Nachmansohn, *Proc. Soc. Exp. Biol. and Med.*, 43, 1940, p. 177; *Bull. Biol. France et Belg.*, 76, 1942, p. 14-57.

([8]) R. Couteaux, *Rev. Canad. Biol.*, 6, 1947, p. 563-711.

un peu plus élevée du pH et une durée d'incubation plus courte (par exemple, chez la Souris, sur muscle fixé, après 15 m d'incubation à 20° et au pH 5,3, alors que l'appareil sous-neural se colore électivement après une incubation de 45 m au pH 4,7), on se trouve cette fois devant une coloration n'intéressant exclusivement que l'arborisation nerveuse terminale ([9]), sans que nous puissions d'ailleurs pour l'instant discerner clairement ce qui revient dans cette coloration au neuroplasme proprement dit et au cytoplasme de cellules satellites (téloglie).

Il est à remarquer que dans les préparations de contrôle soumises à l'action de l'ésérine, de la prostigmine ou du di-isopropylfluorophosphate, l'inhibition totale est obtenue pour les deux sièges d'activité, appareil sous-neural et terminaison nerveuse, avec des concentrations pratiquement identiques de chacune de ces substances.

Pour certaines valeurs du pH et de la durée d'incubation un peu différentes de celles qui permettent de réaliser les deux colorations précédentes, on peut observer des images de type mixte, résultant de la juxtaposition de ces colorations. Sur chaque plaque motrice, les deux sièges, respectivement musculaire et nerveux, de l'activité cholinestérasique n'apparaissent séparés que par une très mince couche, de teinte généralement plus foncée, à laquelle les lamelles sous-neurales semblent s'attacher par un de leurs bords. Seules des méthodes d'observation inframicroscopique permettront d'aborder utilement l'étude de cette formation intermédiaire, dont il n'est pas possible d'apprécier au microscope ordinaire la véritable épaisseur, même sur des coupes exactement transversales, et qui soulève par ses rapports avec les territoires voisins des problèmes extrêmement délicats d'ultrastructure.

GÉOLOGIE. — *Le Trias et le Jurassique des collines sous-vosgiennes entre la Fecht et la Weiss.* Note de MM. **Georges Dubois** et **Michel Ruhland**, transmise par M. Pierre Pruvost.

La vieille carte géologique du département du Haut-Rhin dressée par J. Delbos et J. Koechlin-Schlumberger ([1]) très utilisable encore pour certaines parties du département, est très déficiente quant à l'étroite bande de collines sous-vosgiennes entre la Fecht et l'affluent de celle-ci, la Weiss.

([9]) Cette coloration de l'arborisation nerveuse n'a pu être obtenue avec intensité qu'après fixation (par exemple, dans le cas de la Souris, après un contact direct de la plaque motrice, durant 24 h à 18°, avec de la formaline diluée à 10 %, neutralisée et salée). Il paraît probable que l'action du fixateur favorise la pénétration à l'intérieur de la terminaison nerveuse de certains des réactifs utilisés dans la méthode.

([1]) Description géologique et minéralogique du département du Haut-Rhin, 1866-1867, Mulhouse. (Carte au 1/80 000°, 1865.)

Si depuis la parution de la carte, l'Oligocène conglomératique qui constitue essentiellement les masses principales du Letzenberg et du Florimont, a fait l'objet de quelques recherches, le Triaso-jurassique dont l'ensemble n'est nullement négligeable, a rebuté les géologues, en raison de sa mauvaise visibilité géologique due à un important manteau de formations superficielles et à une couverture dense de vignobles. Ce territoire long de 5 km du Nord au Sud, le long du bord vosgien, large de 200 à 650 m, a attiré notre attention depuis plusieurs saisons. Nous sommes aujourd'hui en mesure d'apporter à sa connaissance géologique des précisions dont nous présentons ici l'essentiel.

La montagne granitique d'altitude 300 à 400 m près du bord vosgien, domine la plaine rhénane d'altitude 200 m par un abrupt faillé dont le tracé subrectiligne et submérídien marque une incurvation marquée devant Ammerschwihr.

Alors que nos prédécesseurs n'avaient relevé parmi les collines que la présence de calcaire coquillier triasique et de calcaire oolithique jurassique, nous avons reconnu la succession stratigraphique suivante :

JURASSIQUE-BATHONIEN. — Marne jaune à *Rhynchonella varians;* Florimont.

BAJOCIEN. — 2° Grande oolithe blanche, avec lits marneux, Coraux, Encrines, *Clypeus, Parkinsonia, Ostrea;* exploitée au Florimont et à Katzenthal, pendage, variant peu en direction Est, 45° au Letzenberg, 45° à 80° au Florimont, 50° à 80° à Katzenthal. 1° Calcaire ferrugineux; Florimont.

AALÉNIEN. — Grès supraliasique ferrugineux avec marne micacée; Letzenberg, Florimont.

TOARCIEN. — Marne à *Lytoceras lineatum;* Florimont.

CHARMOUTHIEN. — Marne jaune rougeâtre à *Amaltheus spinatus, A. margaritatus, Waldheimia numismalis, Plicatula,* Belemnites; Florimont.

SINÉMURIEN-HETTANGIEN. — Calcaire à Gryphées; Florimont.

TRIAS-DUÉSIEN-MARSALLIEN. — 2° Marnes irisées avec gypse; subvertical au Sud-Est du Brand. 1° Marnes irisées et grès keuperien; entre Niedermorschwihr et Katzenthal, Est du Rumersthal.

FRANCONIEN-FRÉDÉRICIEN. — Calcaire gris fumée et calcaire à entroques (silicifié à la base); Sud-Est du Brand, bancs ondulés et à pendage 45° W, 10° E à Niedermorschwihr, horizontal au Meiwihr.

VOGÉSIEN-VASLÉNIEN. — Grès micacé : Rumersthal; en bande parmi le grès vosgien, Meiwihr.

SAVERNIEN. — 2° Poudingue de Sainte-Odile, contre le granite au Rumersthal. 1° Grès vosgien, débris sur le terrain; Katzenthal, Meiwihr.

Remarques générales. — Abstraction faite de quelques absences de divers termes, absences qui ne sauraient avoir d'autre cause que des dérangements tectoniques, la série stratigraphique ressemble à celle de la région savernoise, y compris sa limite stratigraphique supérieure due aux dénudations anté-oligocènes. En dehors d'un contact de transgression (conglomérat oligocène

sur grande oolithe vu autrefois au Letzenberg), tous autres sont anormaux, issus de failles nombreuses, presque toutes subparallèles à la faille vosgienne.

Sauf quelques anomalies, parmi lesquelles celle de Turkheim-Brand a été notée par Koechlin ([2]), les diverses formations se succèdent, en dépit de lacunes tectoniques, dans un ordre stratigraphique normal, de l'Ouest à l'Est, avec des pendages variables dont quelques-uns voisins de la verticale. Ceci est aisément observable quant aux terrains résistants. Le dispositif tectonique des terrains plastiques demeure obscur. L'observation en surface d'un ensemble argilo-marneux ne permet pas d'affirmer si la faible largeur de leur bande d'affleurement (quelques dizaines de mètres pour chaque unité stratigraphique) est en relation avec une subhorizontalité des couches segmentées de failles radiales, ou une subverticalité. Cette faible largeur d'affleurement implique, quoiqu'il en soit, une compression dans le sens E.-W. à laquelle ont échappé en partie les terrains rigides.

GÉOLOGIE. — *Sur la présence d'Éponges réticulées (Dictyospongidés, Lyssacines) dans le Briovérien de Bretagne.* Note de M. **André Philippot**, transmise par M. Alexandre Bigot.

Depuis longtemps déjà, P. Lebesconte ([1]) a décrit et figuré, en provenance des schistes briovériens de Bretagne (Montfort, les Lacs, Néant, etc.), de curieuses empreintes en forme d'ondulations ou de rides plus ou moins parallèles, plus ou moins saillantes, réunies souvent par des trabécules transverses orthogonaux.

Il considéra ces fossiles comme des Spongiaires calcaires, et sans avoir pu contrôler ses déterminations par l'observation des spicules, il les décrivit, sous le nom de *Neantia*, d'une manière peut-être trop détaillée et précise, compte tenu des échantillons, somme toute médiocres, qu'il possédait. Il donnait dans la même Note la description d'autres formes, les *Montfortia*, corps en relief ou en creux, souvent très longs, cylindriques, en fines baguettes ou aiguilles plus ou moins flexueuses, souvent entrecroisées, qu'il considéra d'abord comme des tiges d'encrines, puis qu'il rapporta plus tard (1900) à des Spongiaires siliceux.

L'opinion de Lebesconte sur la nature de ces fossiles ne fut guère admise et par la suite on refusa, faute de preuves suffisantes, à voir dans ceux-ci autre chose que des traces mécaniques.

Les *Neantia* et *Montfortia* tombèrent dans l'oubli, ainsi d'ailleurs que les *Amanlisia*, formes allongées et rubanées qu'il avait décrit comme des Algues en 1891.

([2]) J. Delbos et J. Koechlin-Schlumberger, *loc. cit.*, p. 296.

([1]) *Bull. Soc. Géol. Fr.*, 3e série, 14, 1886.

Les recherches que je poursuis actuellement sur les organismes *incertæ sedis* du Briovérien, Cambrien et Silurien du Massif armoricain, m'ont amené à étudier les *Neantia* et autres formes apparentées décrites par Lebesconte.

Examinant ces fossiles à la loupe binoculaire, à faible grossissement, sous un éclairage latéral en lumière réfléchie directe ou rasante, j'ai été surpris de constater la présence, sur la plupart des plaques examinées, d'innombrables petits corps brillants ou en faible relief, de forme géométrique, en étoile à quatre branches fines, ordonnés en réseau très régulier à mailles carrées de 0,4 mm de côté environ. Ces petits éléments sont disposés régulièrement dans des carrés plus grands, souvent très bien dessinés, le tout étant encadré par de plus grosses rides parallèles se croisant à 90° approximativement. Un réseau, dont les mailles sont progressivement de taille décroissante est ainsi bien reconnaissable. Le réseau le plus fin, toujours le plus net, est dans d'autres cas, compris à l'intérieur d'un quadrilatère, la plupart du temps très déformé, constitué par ces baguettes flexueuses dénommées *Montfortia* par Lebesconte.

La disposition générale des éléments et leur forme ne laissent aucun doute. Il s'agit de spicules d'Éponges : gros spicules en baguettes monoaxes lisses, groupés parfois en faisceaux épais et entrecroisés plus ou moins à 90°, ménageant des mailles où s'ordonnent des hexactines indépendants, régulièrement arrangés en séries de tailles décroissante à mailles carrées.

Les *Neantia* et *Amanlisia* montrent cette disposition d'une manière remarquable. Quant aux *Montfortia*, ce sont, en majeure partie, des faisceaux spiculaires très déformés.

Les spicules sont épigénisés en pyrite, ce qui explique qu'ils sont brillants lorsqu'ils sont éclairés sous un certain angle. La pyrite est assez souvent altérée, surtout dans les gros spicules.

De toute manière, par leurs caractères spiculaires, ces fossiles se rangent dans les Éponges dites réticulées, famille des Dictyospongidés (Hexactinellides, Lyssacines).

L'aspect général des fossiles est bien difficile à reconstituer. S'agit-il de formes encroutantes, en frondes plissées ou en forme de tube ou de cornet aplatis ? Il est probable que plusieurs espèces, sinon plusieurs genres soient représentés. Par leur allure, plusieurs de ces spongiaires rappellent certaines éponges décrites par Ch. D. Walcott du Cambrien moyen de la Colombie Britannique (1920).

Telles qu'elles sont, ces traces, dont l'étude avait été systématiquement délaissée, révèlent une organisation qui les rattache à un groupe qui, s'il n'apporte aucune lumière sur la position stratigraphique des schistes briovériens, n'avait encore jamais été signalé avec une absolue certitude dans ces terrains.

On peut d'ores et déjà affirmer que ce groupe des Éponges réticulées a eu en Bretagne, au Briovérien et au Paléozoïque inférieur, une importance que l'on ne soupçonnait pas.

Un travail ultérieur décrira de manière plus complète ces Éponges et d'autres formes analogues de position systématique douteuse, du Cambrien et Silurien du Massif armoricain.

GÉOLOGIE. — *Sur le Trias silicifié et barytinifère de La Pernelle* (*Manche*). Note de MM. **Louis Dangeard**, **Léopold Berthois** et **Claude Pareyn**, transmise par M. Pierre Pruvost.

Les sédiments du Trias ont été modifiés par des venues hydrothermales correspondant aux manifestations ultimes d'un volcanisme qui était actif au Stéphanien et au Permien dans une région voisine.

Les assises triasiques qui constituent le soubassement du plateau de La Pernelle, au Sud de la rivière de Saire, sont formées de roches variées : brèches, poudingues, grès, roches rougeâtres et verdâtres d'aspect argileux, à pâte siliceuse fine, contenant des traînées de graviers. La plupart de ces roches sont bien exposées dans la grande carrière ouverte près de l'église. Le Trias y repose sur la tranche des schistes précambriens, silicifiés à leur partie supérieure, par l'intermédiaire d'une brèche violacée, formée de fragments de schistes arrachés au substratum, silicifiés dans leur masse et cimentés en position turbulente par un gel siliceux translucide. Sur l'ensemble du front de taille, la stratification est confuse : elle est surtout soulignée par la superposition de masses de couleurs différentes et par des intercalations de lits de galets ou de graviers qui se terminent en biseau. De nombreuses cassures verticales traversent cette masse : beaucoup sont injectées par de la barytine souvent associée au quartz.

Au sommet du plateau de La Pernelle (dans la carrière de Haut et dans les trous de bombes qui crèvent la surface), les excavations montrent des grès fins silicifiés, associés par places à des argiles vertes et rouges disposées en poches et contenant des blocs de calcédonite blanchâtres.

Étude pétrographique. — 1. *Silicification.* — C'est le phénomène le plus banal du gisement. Les roches silicifiées qui, à l'œil nu, se montrent assez variées, ont, au microscope, de nombreux points communs, et les divers types ne se différencient que par les dimensions de leurs éléments. Les grains de quartz détritiques sont cernés de silice secondaire à l'aspect spongieux. Cette couronne périphérique peut être très étroite ou présenter des protubérances étendues. On observe des plages à structure quartzitique qui renferment parfois des minéraux lourds d'origine détritique :

zircon, staurotide, sphène, tourmaline jaune. On trouve également des feldspaths détritiques, de la série albite-oligoclase.

Le ciment est également fortement silicifié : dans de nombreux cas, il semble avoir été, à l'origine, riche en éléments phylliteux qui entourent le quartz détritique. Le ciment est alors souvent teinté d'hydroxyde de fer qui forme des amas opaques avec une zone périphérique diffuse. Dans certaines plages apparaît une épigénie par de la calcédonite globulaire.

La silicification des enclaves schisteuses prises dans la brèche s'est effectuée lit par lit : elle débute par une fine mosaïque quartzitique dont les éléments se soudent à un stade plus avancé. Les filonnets quartzeux sont présents dans presque toutes les préparations. Les filonnets étroits (30 à 40 μ) sont constitués par du quartz secondaire.

2. *Minéralisation barytique.* — La liaison entre la silicification et la venue de la barytine est ici indubitable : lorsque les filonnets de quartz deviennent plus importants ($>$ 60 μ), la barytine y figure presque toujours : en général, le quartz est aux épontes et la barytine à la partie centrale. On observe parfois du quartz dans la zone centrale du filonnet de barytine ou en chapelets dans les houppes. Lorsque les géodes remplies de barytine sont de grande taille, les parois sont toujours tapissées de quartz secondaire implanté obliquement. Les cristaux de barytine sont allongés suivant h^1 (100) et souvent accolés suivant cette face en houppes peu étalées.

On rencontre également de la barytine en petits amas dans le ciment, entre les grains de quartz ou de quartzite du poudingue.

3. *Autres minéraux secondaires.* — Il existe de très petits cristaux de muscovite (45 à 70 μ) en section hexagonale. Ils peuvent être fortement teintés par de l'oxyde de fer et cernés d'une fine mosaïque de quartz secondaire ([1]).

A côté de la tourmaline détritique (variété magnésienne jaune en petits grains), on observe de l'*indicolite* verte authigène en houppes de 90 à 100 μ ou en cristaux aciculaires.

Quant aux roches silicifiées recueillies au sommet du plateau, elles se rapportent à des grès à ciment siliceux dont les grains de quartz détritiques montrent visiblement un accroissement secondaire, et des *jaspéroïdes* formés de quartz à structure cryptocristalline, associé à de la calcédonite. Les grès renferment quelques feldspaths détritiques (albite-oligoclase et microcline) très altérés, séricitisés, épigénisés par de la silice cryptocristalline et cernés par du quartz secondaire.

Résumé et conclusions. — La silicification du Trias est très intense.

([1]) M. Topkaya, Recherches sur les silicates authigènes dans les roches sédimentaires (*B. Lab. Géol. Univ. Lausanne,* n° 97, 1950).

Elle s'accompagne de venues filoniennes de barytine qui se sont manifestées à la fin de la silicification. La silicification s'est encore poursuivie, avec moins d'intensité, après la minéralisation barytique. Les faits étudiés nous paraissent s'expliquer par une minéralisation hydrothermale, dernier écho des émissions volcaniques qui ont marqué le Stéphanien et le Permien ([2]). Cette minéralisation serait du type chloruré sodique ([3]), qui s'accompagne fréquemment d'une remise en mouvement de minéralisations fumerolliennes antérieures ([4]). La présence à La Pernelle de tourmaline et de muscovite d'origine secondaire pourrait s'expliquer ainsi.

Les phénomènes sont en partie contemporains de la sédimentation, comme en témoigne l'allure de la brèche siliceuse de base. Ils sont antérieurs au Lias, puisque l'on retrouve en galets dans les couches de base de l'Hettangien de Picauville, des débris de jaspéroïdes identiques à ceux de La Pernelle.

GRAVITATION. — *Mesure de l'accélération due à la pesanteur, au Pavillon de Breteuil.* Note (*) de M. **Charles Volet**, présentée par M. André Danjon.

Par la détermination directe de la loi de chute d'une règle tombant verticalement dans le vide, on a trouvé une valeur de g qui est inférieure de 24 mgal à celle déduite du système de Potsdam.

Dans une précédente Note (11 février 1946), j'ai proposé une méthode pour la détermination de la loi de chute d'un corps, au moyen de laquelle il me paraissait possible de mesurer g avec une exactitude au moins égale à celle fournie par les méthodes pendulaires, exclusivement adoptées jusqu'à maintenant pour les recherches de haute précision.

Une telle détermination a été exécutée au Bureau International des Poids et Mesures dans les conditions suivantes : Deux règles ont été utilisées, l'une en invar, de 1,25 m de longueur, l'autre en bronze phosphoreux, de 1,28 m de longueur. La règle observée tombait verticalement dans une enceinte où régnait un vide de quelques millimètres (minimum : 1 mm). L'influence de la pression a été déterminée et le résultat final a été obtenu grâce à une extrapolation à la pression nulle. 20 à 25 photographies de la graduation millimétrique de la règle étaient prises sur un film pendant chaque chute et donnaient la position de la règle par rapport

([2]) P. Termier, *Comptes rendus*, 167, 1918, p. 107.

([3]) E. Raguin, *Géologie des gîtes minéraux*, Paris, Masson, p. 62.

([4]) J. Geffroy, Minéralisation hydrothermale et remaniements ascendants dans la Lozère (*Bull. Soc. géol. Fr.*, 6e série, 1, fasc. 7, 1951, p. 389).

(*) Séance du 4 août 1952.

à cinq repères fixes situés dans le plan de l'image de la règle. Les étincelles nécessaires étaient fournies à la fréquence de 50 par seconde, par un appareil « Stroborama ». D'autre part, chaque étincelle projetait l'image de cinq repères sur une échelle chronométrique enregistrée sur le même film au moyen du procédé de M. E. P. Tawil (lumière modulée par un quartz vibrant à 35 000 p/s). Un micromètre, spécialement construit pour l'étude des films, a servi pour déterminer la position des repères fixes par rapport à la règle et par rapport à l'échelle chronométrique. Par ce moyen les temps étaient déterminés à environ 0,3 μs près et les hauteurs de la règle à environ 1,5 μ. La fréquence du quartz était vérifiée, au moment de chaque chute, par les soins de M. B. Decaux au Laboratoire National de Radioélectricité, à Bagneux, avec lequel une liaison par fil avait été établie.

Deux causes d'erreurs systématiques doivent retenir l'attention :

1° La règle en tombant dans un champ magnétique inhomogène peut subir une force retardatrice. Un calcul, qu'a bien voulu faire M. L. Néel, montre que celle-ci ne saurait modifier l'accélération de la règle d'une quantité mesurable. M. Nicolas Cabrera, partant d'hypothèses différentes, était arrivé à la même conclusion.

2° La viscosité de l'air résiduel peut avoir une influence telle que l'extrapolation à partir d'une pression de quelques millimètres peut encore être entachée d'une erreur sensible. Divers calculs ont été faits à ce sujet (E. C. Bullard, N. Cabrera) et montrent que cette influence pourrait éventuellement atteindre une grandeur mesurable. M. P. Vernotte a suggéré de représenter la loi de chute au moyen d'une formule en t^3 pour tenir compte de la viscosité. Le nombre des observations dans chaque chute, ainsi que leur précision individuelle ne permettraient pas de calculer le coefficient de t^3 avec une sécurité suffisante. J'ai cependant appliqué cette méthode, mais en groupant dans un calcul unique l'ensemble des 409 observations fournies par les 18 chutes exécutées. Le résultat de cette recherche est conforme à ce que l'on pouvait attendre : la règle subirait un léger freinage qui aurait eu pour effet de fausser de 4 mgal la valeur trouvée directement pour g. Toutefois, cette correction ressort du calcul avec une précision encore trop faible pour qu'il soit possible de l'accepter autrement qu'à titre d'indication. Je n'en ai pas tenu compte.

En résumé, mes expériences ont conduit à la valeur suivante, moyenne de 18 mesures : g (Sèvres, Point A) $= 980,916$ cm/s^2.

Ce résultat est inférieur de 24 mgal à celui qu'on déduit du « système de Potsdam ».

Les coordonnées du point auquel cette valeur est réduite ont été obligeamment déterminées par l'Institut Géographique National qui a trouvé : Altitude : 65,93 m; Latitude : 48° 49′ 45″; Longitude : 2° 13′ 14″ (Est de Greenwich).

Des dispositions sont prises au Bureau International des Poids et Mesures pour continuer cette recherche dans des conditions améliorées.

CHIMIE BIOLOGIQUE. — *Sur la teneur individuelle en arginine des spermatozoïdes comparée à la teneur individuelle en arginine des noyaux d'érythrocytes chez quelques espèces de Poissons.* Note (*) de M. **Roger Vendrely** et Mme **Colette Vendrely**, transmise par M. Robert Courrier.

Le rapport ADN/Arginine dans le spermatozoïde ne varie pas très sensiblement quand on passe du noyau d'érythrocyte au spermatozoïde chez la Tanche et la Carpe. Il s'abaisse notablement dans le cas de la Truite et du Brochet. Ces résultats sont discutés.

Nous avons montré dans une Note précédente [1] que, si l'on considère la teneur en arginine par noyau d'érythrocyte chez plusieurs espèces de Poissons, il est possible d'établir un lien entre le comportement de cet acide aminé et celui de l'acide désoxyribonucléique chez les mêmes espèces. En effet, la teneur en arginine par noyau d'érythrocyte suit très sensiblement la teneur en acide désoxyribonucléique (ADN) dans ses variations, qui peuvent être très grandes, quand on passe d'une espèce à une autre. Il nous a paru indiqué de poursuivre cette recherche en opérant sur les spermatozoïdes [2] des mêmes espèces. On sait, en effet [3], que lorsqu'on passe des cellules somatiques aux spermatozoïdes, la teneur par noyau en ADN diminue de moitié. Si l'arginine, ici encore, évoluait parallèlement à l'ADN, on devrait trouver une teneur en arginine diminuée aussi de moitié, quand on compare spermatozoïde et érythrocyte. Mais ceci semble peu probable, *a priori*, si l'on songe que les travaux de Kossel ont montré que, chez de nombreux Poissons, la formation des spermatozoïdes s'accompagne, sur le plan biochimique, d'un remaniement considérable des protéines nucléaires, qui s'enrichissent en acides aminés basiques et principalement en arginine pour devenir des protamines.

Nos recherches ont porté sur le sperme de 4 poissons. Deux d'entre eux, la Truite et le Brochet, possèdent dans leur spermatozoïde une protamine riche en arginine; un troisième, la Carpe, possède, d'après Kossel, deux protamines d'un type très particulier, dont l'une est riche en lysine; enfin un quatrième,

---

(*) Séance du 4 août 1952.

[1] R. Vendrely et C. Vendrely, *Comptes rendus*, 235, 1952, p. 395.

[2] Soulignons ici le caractère peut-être approximatif que pourraient avoir ces résultats. Il est possible, en effet, que la pièce intermédiaire du spermatozoïde, par exemple, contienne un peu d'arginine. Cependant, cette cause d'erreur, si elle existe, ne doit pas être considérable car les études cytochimiques ont montré la localisation massive de l'arginine dans la tête du spermatozoïde.

[3] R. Vendrely et C. Vendrely, *Experientia*, 4, 1948, p. 434.

la Tanche, fournit une nucléoprotéine, pour laquelle nous n'avons trouvé aucune donnée dans les publications.

Nous avons étudié comparativement le sperme de Taureau, dont la nucléoprotéine n'a jamais pu être extraite à notre connaissance et reste encore par conséquent une inconnue.

Résultats :

Tableau indiquant les teneurs en arginine et en acide désoxyribonucléique (exprimées en $10^{-6}\gamma$) *du spermatozoïde et du noyau d'érythrocyte de quelques espèces de Poissons.*

	Spermatozoïdes.			Érythrocytes.		
Espèces.	ADN.	Arginine.	ADN/Arginine.	ADN.	Arginine.	ADN/Arginine.
Tanche.......	0,85	0,18	4,77	1,7	0,34	5,0
Carpe........	1,60	0,35	4,40	3,2	0,60	5,3
Truite.......	2,45	1,50	1,63	4,9	0,96	5,1
Brochet......	0,85	0,53	1,60	1,7	0,34	5,0
				Noyau de thymus.		
Taureau......	3,20	2,16	1,48	6,4	1,49	4,3

Il apparaît d'après les résultats rapportés dans le tableau ci-dessus, que, chez la Tanche et chez la Carpe, la teneur en arginine du spermatozoïde représente à peu près la moitié de la teneur en arginine du noyau d'érythrocyte, ce qui fait que le rapport ADN/Arginine est comparable dans le spermatozoïde et dans l'érythrocyte.

Par contre, nous assistons, chez la Truite et le Brochet, à un enrichissement très net du spermatozoïde en arginine, le rapport ADN/Arginine est ici considérablement diminué par rapport à celui de l'érythrocyte. Remarquons, en passant, que ce rapport est très voisin chez ces deux Poissons, ce qui indique que la synthèse d'arginine se fait dans les mêmes proportions chez l'un et l'autre.

Le sperme de Taureau, étudié comparativement, a un rapport ADN/Arginine très comparable à celui de la Truite et du Brochet, la synthèse d'arginine dans ce cas se ferait aussi dans des proportions semblables.

Discussion. — De ces résultats préliminaires encore trop peu nombreux on peut dégager quelques indications. Tout d'abord, en ce qui concerne le sperme de Taureau, nous sommes autorisés à penser, d'après ce qui précède, que, si l'on réussissait à en séparer la nucléoprotéine, on se trouverait en présence d'une véritable protamine riche en arginine. A notre connaissance ce fait n'a pas encore été signalé.

D'autre part, en ce qui concerne les Poissons, les résultats obtenus chez la Tanche et la Carpe font apparaître dans le sperme un phénomène de diminution de l'arginine parallèle à celui de l'ADN. Dans ces cas, la modification

de la protéine basique au cours de la formation du sperme implique, sans doute, la synthèse d'acides aminés autres que l'arginine. On pourrait imaginer que le comportement de la fraction d'arginine liée à l'ADN est, chez la Truite et le Brochet, le même que chez la Tanche et la Carpe et qu'il se produit aussi une diminution. Mais, du fait que la modification de la protéine basique, au cours de la formation du sperme, implique chez ces Poissons un enrichissement considérable en arginine, ce processus ne pourrait être décelé.

Des recherches analytiques en cours sur un grand nombre de nucléoprotéines isolées de tissus divers de plusieurs espèces animales, ainsi que l'étude de spermatozoïdes d'un plus grand nombre de Poissons, nous permettront, peut-être, d'étayer les idées que nous ont suggéré ces premiers résultats.

CHIMIE BIOLOGIQUE. — *Mise en évidence de l'astaxanthine chez* Triton nodifer *Lamarck*. Note (*) de M. **René Grangaud**, M[lles] **Isabelle Garcia** et **Renée Massonet**, transmise par M. Maurice Javillier.

Le présent travail a pour objet l'étude des pigments caroténoïdes de *Triton nodifer* Lamarck. Nous avons disposé, pour cette étude, de trois spécimens (deux mâles, une femelle) de ce gros gastéropode.

Après dissection, les hépato-pancréas, le muscle et, dans le cas de la femelle, les ovaires ont été finement hachés et broyés avec du sulfate de soude anhydre, puis épuisés à l'acétone. Les solutions acétoniques rassemblées ont été additionnées d'éther de pétrole et d'eau : les pigments caroténoïdes passent alors dans la phase éthéro-pétrolique. Après séparation de celle-ci, lavage à l'eau et traitement par le sulfate de soude anhydre, les extraits ont été concentrés par évaporation au bain-marie (température inférieure à 60° C) sous pression réduite et en atmosphère inerte, puis soumis à la chromatographie sur papier en suivant le mode opératoire précédemment décrit ([1]).

Les extraits d'hépato-pancréas donnent alors un chromatogramme où se localisent en moins d'une heure trois zones extrêmement nettes : une zone inférieure jaune sale, une zone moyenne violette, une zone supérieure jaune franc. Le pigment de chacune des trois zones a été remis en solution dans la pyridine. Les spectres d'absorption montrent un maximum situé à 466-468 mμ pour la zone inférieure, 489-490 mμ pour la zone moyenne et 465 mμ pour la zone supérieure.

Les pigments présents dans l'extrait des gonades sont presque exclusi-

(*) Séance du 4 août 1952.

([1]) R. Grangaud et M[lle] I. Garcia, *Bull. Soc. Chim. biol.* (sous presse).

vement épiphasiques. Le chromatogramme présente deux zones : une zone supérieure jaune et une zone sous-jacente violette. Le spectre de la zone violette à bande large unique montre un maximum en plateau entre 486 et 490 mμ. Dans le muscle, la chromatographie révèle la présence du seul pigment jaune se localisant à la partie supérieure du chromatogramme avec un maximum à 465 mμ.

Ainsi, la chromatographie sur papier des extraits d'organes de *Triton nodifer* permet d'individualiser trois pigments différents. Les trois pigments sont présents dans l'hépato-pancréas; deux se retrouvent dans les gonades, un seul dans le muscle.

Notre étude a porté sur le pigment violet présent à la fois dans les extraits d'hépato-pancréas et de gonades. La place de ce pigment dans le chromatogramme et ses caractéristiques spectrophotométriques (bande large unique avec maximum au voisinage de 490 mμ) faisait immédiatement penser à l'astaxanthine étudiée par la même technique de chromatographie de partage chez *Aristeomorpha foliacea* et *Aristeus antennatus* (R. Grangaud et Mlle I. Garcia, *loc. cit.*). Les réactions d'identification ont permis de vérifier qu'il s'agissait bien de ce caroténoïde.

En effet, nous avons d'abord effectué la comparaison de la fraction hypophasique de l'extrait d'hépato-pancréas et de la fraction hypophasique des pigments de conjonctif péristomacal d'*Aristeus antennatus* où l'astaxanthine a été identifiée sans ambiguïté (²). Par chromatographie sur papier, on constate l'identité de comportement du pigment violet de l'extrait de *Triton nodifer* et de l'astaxanthine d'*Aristeus antennatus*. Cette analogie se retrouve dans les caractères spectraux (spectre à bande large unique, λ maximum à 489-490 mμ). Dans les deux cas, on obtient la même coloration bleu-vert en déposant sur le chromatogramme une goutte de solution chloroformique de trichlorure d'antimoine et une coloration bleu-foncé avec une goutte d'acide sulfurique concentré. Enfin, le caractère acide du pigment a été mis en évidence : 25 cm^3 de la solution éthéro-pétrolique du pigment d'hépato-pancréas ont été évaporés sous pression réduite, en atmosphère inerte et le résidu soumis à la saponification par la potasse alcoolique à 15 % durant 4 h et à 20° C. Après addition d'eau et d'éther de pétrole et séjour à la glacière, le pigment se rassemble à l'interphase sous forme de flocons rouges caractéristiques.

Bien que la quantité de pigment ait été trop faible pour permettre un isolement et une purification plus complète, l'ensemble des caractères qui ont été précisés permet d'affirmer la présence d'astaxanthine chez *Triton*

(²) R. Grangaud et Mlle R. Massonet, *Station d'Aquiculture et de Pêche de Castiglione* (sous presse).

nodifer Lamarck. Ce résultat est à rapprocher de celui de Sorensen [3] qui a caractérisé chez *Lima excavata*, mollusque lamellibranche, l'astacine, produit d'oxydation de l'astaxanthine.

PHYSICOCHIMIE BIOLOGIQUE. — *Variation de la vitesse de dégradation des γ-globulines sériques avec la durée de leur présence dans l'organisme.* Note (*) de MM. **Jean Coursaget, Pierre Gros** et **Michel Macheboeuf**, présentée par M. Jacques Tréfouël.

Grâce à de la valine marquée tantôt par C_{14}, tantôt par C_{13}, on a comparé la vitesse de renouvellement des γ-globulines formées depuis plus ou moins longtemps dans un même animal. Cette vitesse, grande au début, devient ensuite beaucoup moindre.

Les isotopes permettent de distinguer dans un organisme vivant les molécules formées à un certain moment des autres molécules de même espèce présentes dans cet organisme. Si n_0 molécules « marquées » sont formées à l'instant zéro, le nombre n de ces molécules qui subsistent à l'instant t est, en général, donné par la relation :

$$n = n_0\, e^{-rt},$$

où r est une constante qui représente la fraction des molécules renouvelée par unité de temps. Si le nombre total des molécules de cette espèce dans l'organisme est N, on a

$$\frac{n}{N} = \left(\frac{n_0}{N}\right) e^{-rt},$$

ou, si n_0 est négligeable par rapport à N :

$$i = i_0\, e^{-rt},$$

en désignant par i_0 et i la concentration de l'isotope utilisé à l'instant zéro et à l'instant t. La représentation graphique des variations de la fonction

$$\operatorname{Log} i = f(t)$$

est une droite d'équation

$$\operatorname{Log} i = \operatorname{Log} i_0\, e^{-rt}.$$

La pente de cette droite est le *coefficient de renouvellement* r et la durée de vie moyenne des molécules dans l'organisme est $\bar{t} = 1/r$.

---

(3) N. A. Sorensen, *Kgl. Norsk. Vidensk. Selsk. Sk.*, 1936, n° 1.

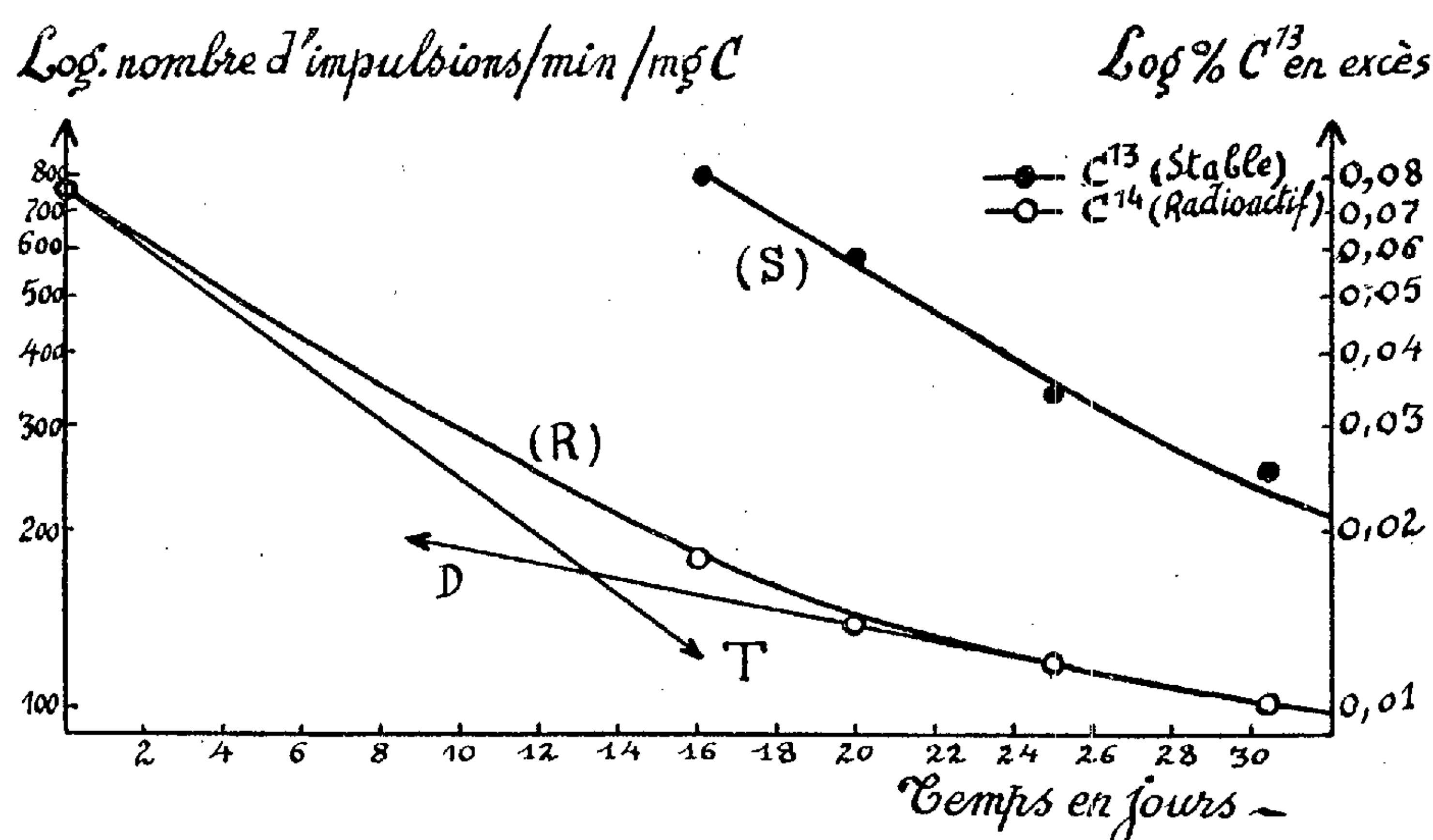
(*) Séance du 4 août 1952.

Nous avons appliqué cette méthode à l'étude de l'état dynamique des protéines sériques chez le Lapin.

Les animaux ont reçu par voie buccale environ 75 mg de *dl*-valine-(isopropyle C_{14}) (¹), ayant une radio-activité spécifique de 60 μc/millimolécule. Nous avons ensuite suivi pendant 30 jours la radioactivité spécifique A_S des diverses fractions protéiques de sérum séparées par action du méthanol à basse température et contrôlées par microélectrophorèse.

Pour les albumines, la fonction $\text{Log}(A_S) = f(t)$ est parfaitement linéaire et l'on peut attribuer sans ambiguïté aux albumines sériques du Lapin une vie moyenne qui varie suivant l'animal de 12 à 16 jours.

Il n'en est pas de même des γ-globulines. La courbe (R) qui représente les



variations de la radioactivité spécifique en fonction du temps n'est pas une droite. La tangente à l'origine correspond à une vie moyenne d'environ 8 jours et la droite D à une vie moyenne d'environ 34 jours. Ces chiffres varient peu d'un animal à l'autre.

L'administration à un même animal de *dl*-valine C_{14} le premier jour et de *dl*-valine C_{13} (²) le 15ᵉ jour, nous a permis de contrôler ces résultats en comparant pendant *la même période* la vitesse de disparition des γ-globulines formées à des époques différentes [courbe $R(C_{14})$ et courbe $S(C_{13})$].

Plusieurs interprétations peuvent être envisagées : 1° Plus grande labilité de certaines molécules de valine dans la molécule de γ-globuline; 2° Transformation progressive des molécules néoformées en molécules résistant mieux

(¹) M. Pichat du Commissariat à l'Énergie Atomique a effectué la synthèse.

(²) J. Anatol, *Comptes rendus*, 230, 1950, p. 1471.

à l'action des agents du catabolisme; 3° Existence de deux ou de plusieurs types de γ-globulines dont les vitesses de renouvellement sont très différentes. On sait effectivement que la fraction γ-globulines est très hétérogène (électrophorèse, ultracentrifugation, etc.).

THÉRAPEUTIQUE EXPÉRIMENTALE. — *Mécanisme de l'action antituberculeuse de l'isonicotinhydrazide (I. N. H.).* Note de MM. **Constantin Levaditi, Aron Vaisman** et de Mlle **Henriette Chaigneau-Erhard**, présentée par M. Gaston Ramon.

Suite à nos travaux antérieurs (1), deux problèmes font l'objet de la présente Note : 1° Évolution *des indices* (2) lésionnels et microbiologiques du poumon et du rein chez les souris traitées par l'I. N. H., dès le lendemain de la contamination, et 2° Évolution des mêmes indices alors que le traitement est appliqué 10 et 15 jours après l'infection bacillaire.

1. *Premier problème.* — Des souris, contaminées avec 1 mg d'une culture de H 37 Rv, sont divisées en deux lots. Le *premier* est traité, dès le lendemain de l'inoculation infectante, par 0,5 mg I. N. H. (quotidiennement et *per os*), les animaux étant sacrifiés le 10e, le 21e et le 30e jour. Le *second* comporte des témoins non traités.

Résultats (*cf.* tableau I). — 1° *Souris-témoins.* — *a.* Le 10e jour, lésions et bacillose pulmonaire peu accentuées (I = 100 %), bacillose rénale accusée (0 = 20, I à IV = 80 %); *b.* Le 21e et le 30e jour, altérations pulmonaires et rénales intenses (II à IV = 100 %).

Tableau I.

Indice de la bacillose (%).

Souris sacrifiées le	Souris traitées.		Souris témoins.	
	Poumon.	Rein.	Poumon.	Rein.
10e jour	0 = 40 I = 60	0 = 100	I = 100	0 = 20 I à IV = 80
21e »	I = 100	0 = 100	II à IV = 100	II à IV = 100
30e »	0 = 90 I = 10	0 = 100	II à IV = 100	II à IV = 100

(1) C. Levaditi, A. Vaisman et H. Chaigneau-Erhard, *Soc. Fr. Microb.*, 1952 (sous presse); *C. R. Soc. Biol.*, 1952 (sous presse).

(2) *Indice* 0 = absence d'altérations et de B. K.; *Indice* I = lésion insignifiante et paucibacillaire; *Indice* II = altérations et bacillose moyennes; *Indice* III = lésions et bacillose très accusées; *Indice* IV = *maxima*.

2° *Souris traitées.* — Les indices lésionnels et bacillaires du poumon et du rein sont extrêmement faibles, souvent totalement négatifs (o à I = 100 %). Bactéries en voie de dégénérescence.

Conclusion. — Lorsque l'I. N. H. intervient dès le début du conflit entre le B. K. et les tissus réceptifs, il imprime au germe un arrêt de son potentiel prolifératif (inhibition de l'équipement enzymatique) le rendant inoffensif. La médication supprime totalement la bacillose rénale.

2. *Second problème.* — Le dispositif expérimental fut le même que précédemment, à cette différence près que des souris ont été traitées quotidiennement par 1 mg I. N. H., les unes 10 jours, les autres 15 jours après la contamination, et cela pendant 30 jours (fin de l'essai).

Résultats (*cf.* tableau II). — 1° Lorsque les sujets ont été traités le 10e jour [alors que chez les témoins les indices lésionnels et microbiologiques du poumon étaient faibles et ceux du rein élevés (I à IV = 80 à 100 %)], les effets ont été comparables à ceux relevés chez les souris soumises à l'I. N. H. dès le lendemain de l'infection (*voir* tableau I); 2° Il n'en a pas été de même de ces indices chez les sujets traités le 15e jour.

TABLEAU II.

	Indice lésionnel et taux bacillaire (%).			
	Lésions microscopiques.		Taux bacillaire.	
Souris traitées le	Poumon.	Rein.	Poumon.	Rein.
10e jour	I = 65 II à IV = 35	o = 100	I = 90 II = 10	o = 100
15e jour	I = 10 II à IV = 90	I = 60 II à IV = 40	I = 45 II = 45 III à IV = 10	o à I = 50 II = 45 III à IV = 5
Témoins non traités (mortes le 31e jour).	I = 5 II à IV = 95	II à IV = 100	III à IV = 100	III à IV = 100

En effet, de tels indices bactériologiques de II à IV ont atteint 45 % dans le poumon et 50 % dans le rein. Or, les altérations microscopiques pulmonaires offraient, chez la plupart de ces souris, les caractéristiques de celles provoquées par la streptomycine (1 000 à 2 000 U) (soit des nodules comportant une masse centrale nécrobiotique, entourée d'énormes cellules granulo-adipeuses riches en B. K., le tout enkysté dans une coque histiolymphocytaire inhibant la dispersion des bacilles, le reste du poumon, pauci-bacillaire, ayant conservé sa perméabilité. L'ensemble de ces particularités prouve que *si l'I. N. H. intervient dans le conflit alors que la pullulation du B. K. est sur le point de vaincre la résistance de l'organisme, il isole, par voie d'enkystement, les foyers*

tuberculeux et réalise de la sorte une limitation effective du processus. Le rein continue à être bacillifère.

Conclusions générales. — L'isonicotinhydrazide (I. N. H.), administré dès le lendemain de la contamination, inhibe le potentiel enzymatique du bacille tuberculeux et empêche sa pullulation en l'absence de toute réaction tissulaire. Par contre, si l'on traite la bacillose à un moment où elle est déjà en pleine évolution, le médicament entrave l'extension du processus grâce à un enkystement des foyers (3).

(3) Nous reviendrons prochainement sur l'incidence des récidives lors de l'arrêt du traitement et sur la résistance bactérienne à l'égard de l'I. N. H.

La séance est levée à 15 h 40 m.

L. B.



ACADÉMIE DES SCIENCES.

SÉANCE DU LUNDI 18 AOÛT 1952.

PRÉSIDENCE DE M. Louis BLARINGHEM.

MÉMOIRES ET COMMUNICATIONS
DES MEMBRES ET CORRESPONDANTS DE L'ACADÉMIE.

EMBRYOLOGIE VÉGÉTALE. — *L'albumen et l'embryon chez le* Callitriche vernalis *Kuetz.* (C. verna *L.*). Note de M. **René Souèges**.

C'est certainement avec les Verbénacées que les Callitrichacées offrent le plus d'affinités. Cela ressort d'une manière évidente de l'étude serrée des lois qui président au développement de l'albumen et de l'embryon. Ces lois, avec toutes leurs particularités, se sont montrées à peu près identiques à celles qui ont été observées chez le *Verbena officinalis*.

On sait que certaines petites familles de plantes angiospermes n'ont pu encore trouver leur vraie place dans la classification. On discute toujours, sans arriver à se mettre d'accord, sur la valeur des caractères morphologiques qui sont seuls invoqués, les données que pourraient fournir les processus du développement étant tout à fait nulles ou très imparfaites. Par exemple, c'était le cas des Datiscacées, qui n'ont pu que tout récemment, grâce aux études embryogéniques de P. Crété (¹), être rangées, en pleine certitude et définitivement semble-t-il, à côté des Bégoniacées. C'est encore le cas des Callitrichacées, que l'on fait entrer dans les plus étranges alliances, en s'appuyant sur des caractères morphologiques ou cytologiques, même sur des réactions sérologiques, presque à l'exclusion de toutes considérations sur le mode primordial de construction de la plante et de ses parties les plus essentielles. De nombreux savants (²) ont abordé ces questions et ont cherché à les résoudre, à l'occasion de leurs investigations personnelles ou dans des revues critiques fort documentées.

(¹) *Comptes rendus*, 234, 1952, p. 1082; *Bull. Soc. bot. Fr.*, 99, séance du 23 mai 1952.

(²) G. Samuelsson, *Svensk bot. Tidsk.*, 7, 1913, p. 97; C. A. Jörgensen, *Bot. Tidsskrift*, 38, 1923, p. 81-126; P. N. Schürhoff, *Jarb. f. wiss. Bot.*, 63, 1924, p. 207; C. A. Jörgensen, *Ibid*, 64, 1925, p. 440; Werner Hoepner, *Inaug. Dissert.*, Berlin, 1930; F. Pax et K. Hoffmann, *Die nat. Pflanzenfam.*, 1931, Leipzig, p. 236.

1° L'ALBUMEN, chez le *Callitriche vernalis*, se développe selon le type *Brunella* de K. Schnarf, retrouvé chez le *Veronica officinalis* ([3]). La cellule chalazienne, *cch*, et la cellule micropylaire, *cm*, séparées par la première division transversale, se segmentent, l'une et l'autre, la première avant la seconde, par des parois longitudinales (*fig.* 1 à 4). Dès ces premières divisions, les cellules chalaziennes se distinguent nettement par leur contenu plus compact, plus fortement colorable. En 5, on peut voir que les deux cellules micropylaires juxtaposées se partagent transversalement et presque simultanément en deux éléments de dimensions inégales, les plus petits étant voisins des cellules chalaziennes. En 6, la division de l'une des deux cellules micropylaires (à droite) semble avoir précédé celle de l'autre.

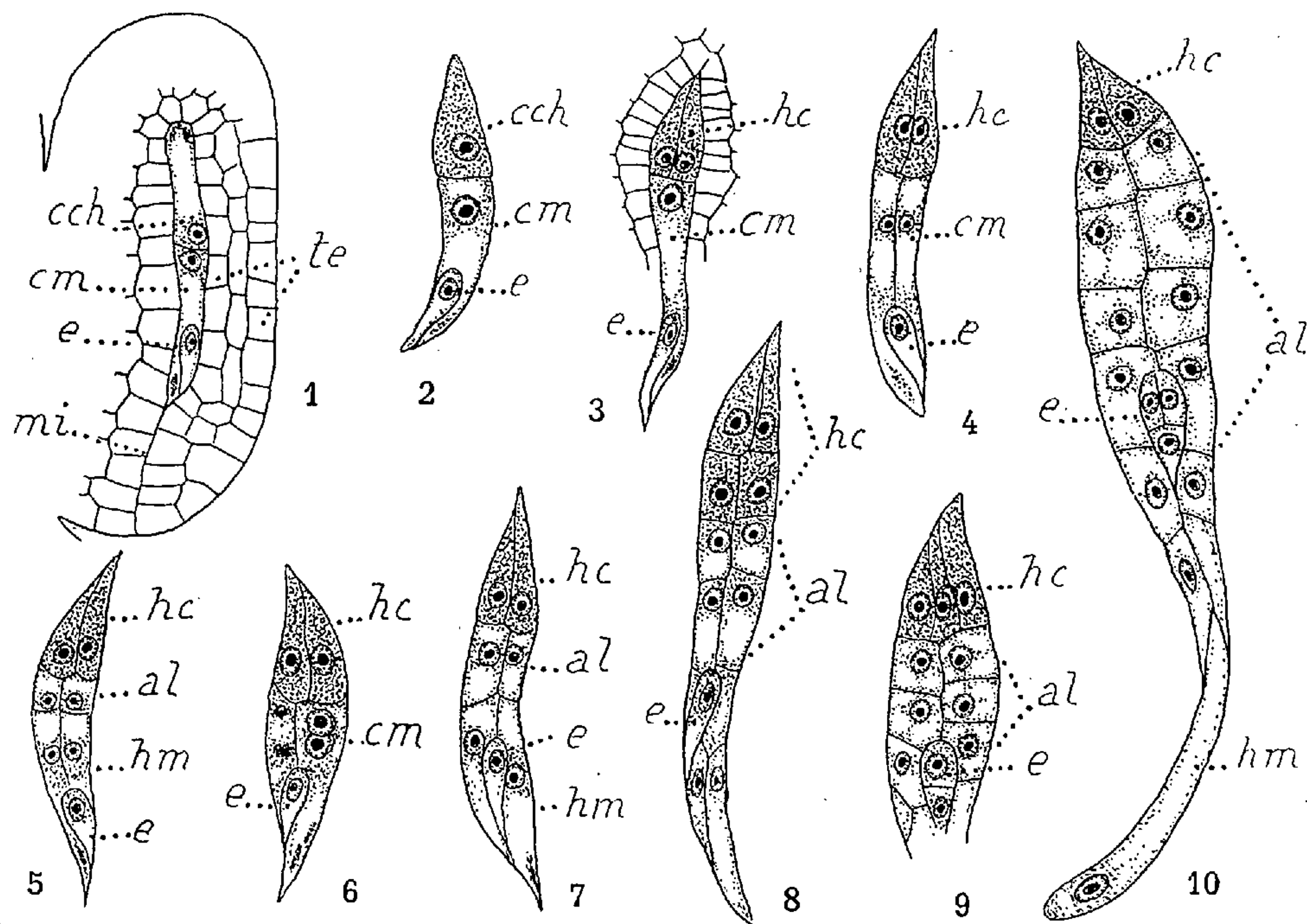


Fig. 1 à 10. — *Callitriche vernalis* Kuetz. — Les premiers stades du développement de l'albumen. *cch* et *cm*, cellules chalazienne et micropylaire; *mi*, micropyle; *te*, tégument ovulaire; *e*, embryon; *hc* et *hm*, haustoriums chalazien et micropylaire; *al*, albumen. G = 280.

Au terme de ces premières segmentations, l'albumen, dans son ensemble, est constitué par trois étages bicellulaires : *hc*, *al*, *hm* (*fig.* 7). Je n'ai jamais rencontré, à la période de divisions immédiatement suivante, les trois étages tétracellulaires rappelant les dispositions que Jörgensen (1923, p. 110) a remarquées chez les *Callitriche autumnalis* ou *stagnalis*. Les quatre éléments qui se forment plus tard, en *hc* (*fig.* 9), peuvent parfois offrir la

([3]) R. SOUÈGES, *Comptes rendus*, **201**, 1935, p. 234 et 529.

disposition en deux dyades superposées (*fig.* 8), leur contenu est toujours dans les deux cas trés fortement plasmatique. Le comportement des trois étages cellulaires est identique à celui que Jörgensen a déjà fait connaître; il n'y a rien à ajouter aux détails signalés par cet observateur : *hc* fournit l'haustorium chalazien; *al*, l'albumen proprement dit; *hm*, l'haustorium micropylaire.

2° L'EMBRYON, d'après Jörgensen, se rapporte au schéma général des Dicotylédones. Cela ne nous apprend pas grand'chose étant donné l'état actuel de nos connaissances sur la diversité des lois qui président au développement de l'embryon chez les Angiospermes. D'ailleurs, Jörgensen ne suit pas rigoureusement la marche de la segmentation; il s'arrête seulement sur certains stades, insuffisants pour nous faire comprendre les vrais rapports des blastomères primordiaux avec les différentes parties du corps de la plante.

C'est très exactement au sous-archétype du *Capsella Bursa-pastoris* que l'embryon du *Callitriche vernalis* doit être rattaché, comme le démontrent les figures 11 à 22. Comme il a été ailleurs bien établi, ce sous-

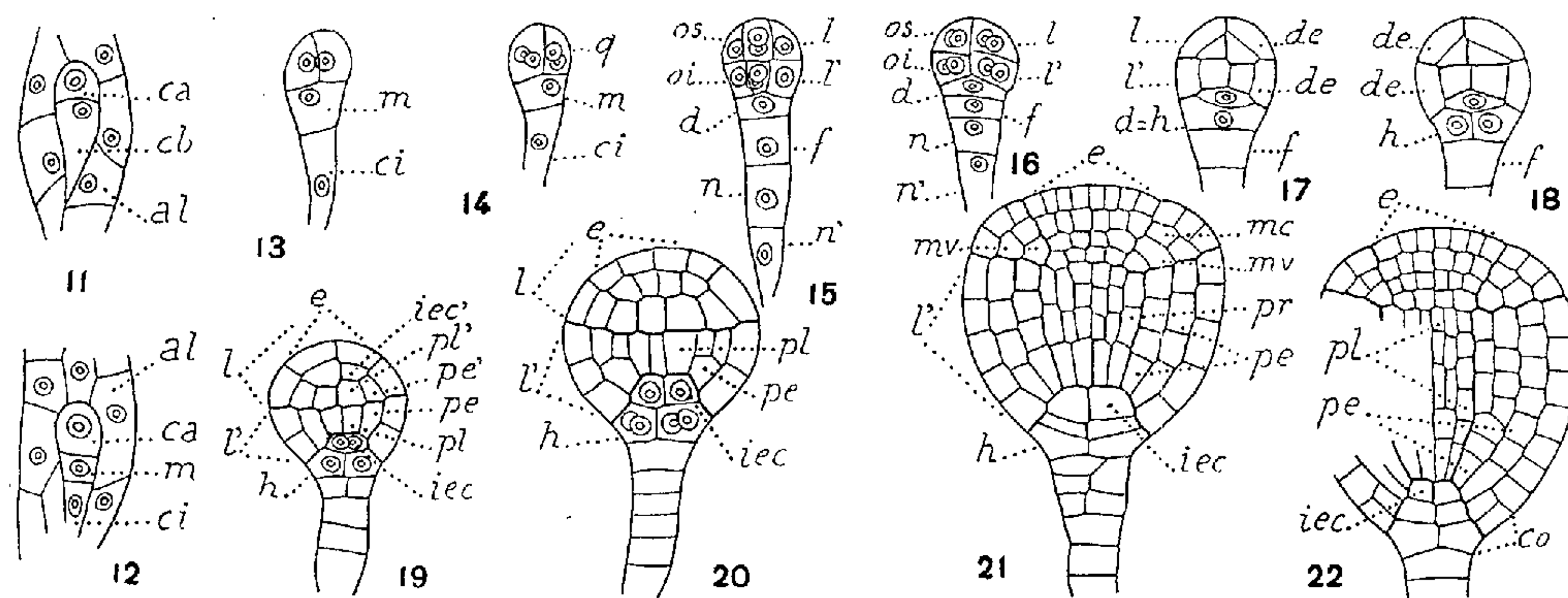


Fig. 11 à 22. — *Callitriche vernalis* Kuetz. — Les principaux termes du développement de l'embryon *ca* et *cb*, cellules apicale et basale; *al*, albumen; *m* et *ci*; cellules-filles de *cb*; *q*, quadrants; *l*, octant, supérieures ou partie cotylée *s. lato*; *l'*octants inférieurs ou hypocotyle; *d*, cellule-fille supérieure de *m* ou hypophyse, *h*; *f*, *n* et *n'*, suspenseur; *e* épicotyle; *de* dermatogène; *pe*, *pl*, *pe'*, *pl'*, périblème et plérome de la racine et de la tige; *mv* et *mc*, méristèmes vasculaire et cortical du cotylédon. *co*, coiffe. G = 300.

archétype possède sa place bien déterminée, dans la classification périodique, à côté du type fondamental du *Myosurus minimus*, dont il se distingue par deux caractères d'une très grande fixité et très importants du point de vue de la marche de la différenciation : 1° la séparation du dermatogène par cloisonnements tangentiels des octants; 2° le mode d'individualisation d'une cellule hypophysaire. En outre de ces deux traits différentiels particulièrement remarquables, s'observent, chez le *Callitriche vernalis*, les caractères embryogéniques secondaires suivants, qui servent à préciser la place de l'espèce parmi celles qui se groupent autour du *Capsella* :

1° la puissance égale de division des blastomères ne dépasse pas la troisième génération, puisque l'embryon est nettement dodécacellulaire au stade des octants (*fig.* 15); 2° la cellule hypophysaire est fille (*d*) ou petite-fille de l'élément *m* de la tétrade et son individualisation se produit après différenciation du dermatogène (*fig.* 17); 3° le suspenseur est filamenteux, très étroitement serré et même résorbé plus tard, dans sa partie inférieure, par les cellules de l'albumen; 4° la partie cotylée comprend deux assises sous-épidermiques (*fig.* 19, 20) dont la plus intérieure prend, peut-être après division transversale, tous les caractères des cellules plus profondes issues de la partie hypocotylée (*fig.* 21, 22). On peut ajouter que toutes les formes sont très régulières; que le corps embryonnaire, à l'état sphérique (*fig.* 19) présente, par rapport au plan équatorial, une symétrie remarquable qui rappelle celle qui a été observée chez le *Sagina-procumbens*; que, en outre, le cône végétatif de la tige se montre de très bonne heure extérieurement différencié (*fig.* 21, 22).

Il résulte de ces observations que le *Callitriche vernalis*, par les processus de développement de l'albumen et de l'embryon, ne peut guère être séparé du genre *Mentha*, plus exactement du genre *Verbena*. A cet égard, les conclusions développées par Jörgensen sont pleinement justifiées. Comme chez le *Verbena officinalis* tout particulièrement, on trouve, chez les *Callitriche*, des haustoriums, micropylaire et chalazien, dont le mode d'origine endospermique est identique; dans les deux cas, l'embryon se rattache étroitement au sous-archétype du *Capsella*, offrant en outre ces mêmes caractères embryogéniques secondaires qui permettent de bien préciser tous ses rapports avec les formes analogues rencontrées chez certaines Labiatiflores.

GÉOLOGIE. — *Sur la constitution du socle cristallin de Madagascar.* Note (*) de M. HENRI BESAIRIE.

La carte géologique de reconnaissance au 1/200 000, commencée en 1926 et qui vient de se terminer, couvrant tout le territoire d'une série d'itinéraires distants de 5 à 10 km, permet de définir les formations principales du socle cristallin. Le Précambrien comporte quatre divisions :

1° *Un complexe inférieur migmatito-leptynique* (*Système Androyen-*) localisé dans l'extrême Sud de l'île, dérivé de sédiments silico-alumineux et calciques, à plis isoclinaux serrés, très régulièrement orientés Nord-Sud avec des plongements très forts et des faciès de métamorphisme intense, caractérisé surtout par la fréquence des leptynites litées à quartz aplati.

(*) Séance du 4 août 1952.

On y sépare les groupes de Fort-Dauphin (leptynites à cordiérite et grenat), de Tranomaro (wernéritites abondantes, leptynites à cordiérite, sillimanite, grenat, cipolins à wollastonite, migmatites à cordiérite ou grenat, pyroxénites rhéomorphiques à phlogopite), d'Ampandrandava (leptynites grenatifères, migmatites grenatifères, pyroxénites à phlogopite, cipolins). Les malgachites avec des charnockites sont connues. Il est dans cet ensemble des ortholeptynites hololeucocrates dérivées de très vieux granites. La minéralisation économique est la phlogopite en très nombreux gisements pegmatoïdes.

2° *Un complexe moyen migmatito-gneissique* (*Système du graphite*), dérivé de sédiments silico-alumineux et carbonés, de direction assez régulière à dominance subméridienne, mais souvent sinueuse et devenant Est-Ouest dans le centre Ouest de l'île, à plissements modérés, caractérisé par la présence constante de couches à graphite. On y distingue plusieurs faciès : groupe d'Ampanihy (leptynites et gneiss), groupe de Manampotsy (migmatites et gneiss), groupe d'Ambatolampy (gneiss et micaschistes). La partie terminale (groupe d'Andriba) comprend des gneiss et micaschistes sans graphite. Le Système du Graphite, qui occupe la plus grande partie de l'île, montre des migmatites lit-par-lit prédominantes et d'importantes zones de granitisation, particulièrement puissantes dans le centre, avec un mélange confus de migmatites granitoïdes, de granites hétérogènes foliés et de malgachites. La succession zonéographique comprend : granites migmatitiques et migmatites granitoïdes, migmatites rubanées gneissiques, migmatites schisteuses. Les faciès d'anatexites sont rares et locaux. Une zone migmatitique remarquablement continue, constituée par les migmatites granitoïdes grenatifères de Brickaville associées à des malgachites, s'allonge sur la côte Est, sur 400 km, d'Ampasinambo à Andilamena. Les produits économiques sont : le graphite abondant avec magnétite, corindon, manganèse, un peu d'or, de fer chromé, des asbestes amphiboliques, les minéraux des pegmatites.

3° *Un complexe supérieur à prédominance amphibolique* (*Système du Vohibory*), dérivé de sédiments divers, prédominants, dans lesquels s'intercalaient quelques coulées basiques, de direction tectonique plus irrégulière que le précédent, à plissements modérés, partiellement migmatisé avec plusieurs faciès : groupe du Vohibory (leptynites, amphibolites ortho et para, cipolins), groupe du Vohimena inférieur (gneiss amphiboliques, cipolins, micaschistes), groupe de Beforona (amphiboloschistes, amphibolites, migmatites). Le système du Vohibory possède d'intéressantes zones minéralisées : or, cuivre, manganèse, nickel, titane, grenat, disthène, asbestes amphiboliques et chrysotile, pegmatites à béryl pierreux, pegmatites cuprifères.

4° *Un complexe terminal riche en schistes verts* (*Système de Mævatanana*),

à plissements courts, confus, non migmatisé, de superficie assez réduite, avec deux faciès : groupe de Mævatanana ou Vohimena supérieur (chloritoschistes, trémolitites, anthophyllitites, quartzites à magnétite, micaschistes), groupe de Daraina (amphibolite à épidote). Le premier groupe est riche en or et en magnétite, le second renferme de nombreux indices de cuivre.

L'allure différente des styles tectoniques dans les différents systèmes et la cartographie de leurs contours suggèrent des discordances qui n'ont pu encore être observées qu'en de rares points. Un caractère particulier du précambrien malgache est la part très peu importante qui revient aux anciennes coulées volcaniques, la très grande majorité des roches étant des paragneiss ou des migmatites.

Les roches éruptives anciennes comprennent les granites de type ésirien, monzonitiques, associés à des malgachites avec charnockites, les granites de type kalambatréen (monzonitiques, akéritiques avec granodiorites et diorites quartziques), non associés à des malgachites, des gabbros et aussi des orthogneiss. Les granites, toujours fortement foliés, se présentent en batholites, laccolites, filons et surtout en feuillets et en lames interstratifiées de faible épaisseur mais très continues. Les formations pegmatoïdes (filons à phlogopite) et pegmatitiques associées aux deux types de granite ont fourni des thorianites étudiées par A. Holmes qui leur attribue un âge de 500 millions d'années.

En discordance sur le socle précambrien viennent les formations paléozoïques métamorphiques, plissées parfois fortement par une tectonique calédonienne, avec la série des Cipolins (cipolins, schistes verts, micaschistes, amphibolites, avec cuivre, indices de plomb, pegmatites sodolithiques à minéraux et gemmes), puis la série continentale des Schistes et Quartzites rapportée au Dévonien (micaschistes, phyllades, schistes à Lépidodendrée et ripplemarks, quartzites à sillimanite, à muscovite, à tourmaline, itacolumites, or et cristal de roche). Ces séries sont traversées par le granite monzonitique de type andringitréen, responsable d'une migmatitisation locale, par quelques granites alcalins et hyperalcalins, syénites, syénites néphéliniques, gabbros; les roches granitiques, synorogènes, présentent encore une foliation marquée et certaines sont transformées en orthogneiss.

CORRESPONDANCE.

M. le Secrétaire perpétuel signale parmi les pièces imprimées de la correspondance :

1° *Célébrités médicales*, par Edgar Goldschmid.

2° *Über den medizinischen Aufschwung in den vierziger Jahren des* 19. *Jahrhunderts mit einem Verzeichnis der Werke von Hermann Lebert* (1813-1878), von Edgar Goldschmid.

3° *Geschichte und Literatur der Lichtwechsels der veränderlichen Sterne. Zweite Ausgabe enthaltend die Literatur der Jahre* 1916-1950, von H. Schneller.

AÉRODYNAMIQUE. — *Résultats expérimentaux obtenus au voisinage de la vitesse du son sur une maquette d'aile à profil losangique.* Note de MM. **Maurice Sirieix, Paul Golaz et Pierre Rebuffet**, présentée par M. Maurice Roy.

Quelques travaux théoriques récents [1] ont été consacrés à l'écoulement plan et transsonique, en fluide parfait, autour de profils symétriques présentant au maître-couple deux points anguleux et opposés, et placés sous incidence nulle.

En particulier, Guderley et Yoshihara ont calculé dans ce cas la distribution de pression, le coefficient de résistance de forme c_x et sa dérivée $dc_x/d\mathrm{M}$ pour un profil losangique à épaisseur relative de 10 % et pour un nombre de Mach à l'infini M égal à l'unité.

D'autre part, des efforts ont été appliqués dans divers laboratoires à la mise au point de dispositifs propres à permettre des essais correspondants en soufflerie, en évitant les phénomènes de blocage de la veine qui rendent les souffleries classiques impropres à de tels essais lorsque M est compris entre 0,85 et 1,15 environ.

Dans une soufflerie de l'O.N.E.R.A. et sous la direction de M. H. Girerd, les auteurs ont mis au point un équipement spécial qui leur a permis d'expérimenter, à incidence nulle et en écoulement sensiblement plan, une maquette à profil losangique d'épaisseur relative 10 % et de corde atteignant la moitié environ de la hauteur de la veine rectangulaire.

Grâce à cet équipement, il a été possible de faire varier de fractions aussi faibles qu'on désire et autour de l'unité le nombre de Mach M dit « à l'infini ».

La figure 1 reproduit, en ordonnée, la distribution sur la paroi du profil, en fonction de l'abscisse de la prise de pression, du nombre de Mach local M′, pour différentes valeurs de M. Les écoulements ainsi obtenus ont été stables pour toutes ces valeurs et l'on constate que, pour M compris entre 0,914 et 1,02, le nombre de Mach local est pratiquement constant

---

(1) G. Guderley et H. Yoshihara, *The Flow over a Wedge Profile at Mach Number One* (*Journal of Aeron. Sciences*, vol. 17, nov. 1950, p. 723-736); W. G. Vincenti et C. B. Wagoner, *Transonic Flow past a Wedge Profile with Detached Bow Wave N. A. C. A.* (T. N. 2339, 1951); J. D. Cole, *Drag of a Finite Wedge at High Subsonic Speeds* (*Journal of Math. and Physics*, vol. 30, juillet 1951, p. 79-93).

sur toute l'étendue du dièdre antérieur. Ce résultat s'accorde avec la remarque de Liepmann et Bryson (²), selon laquelle les nombres de Mach

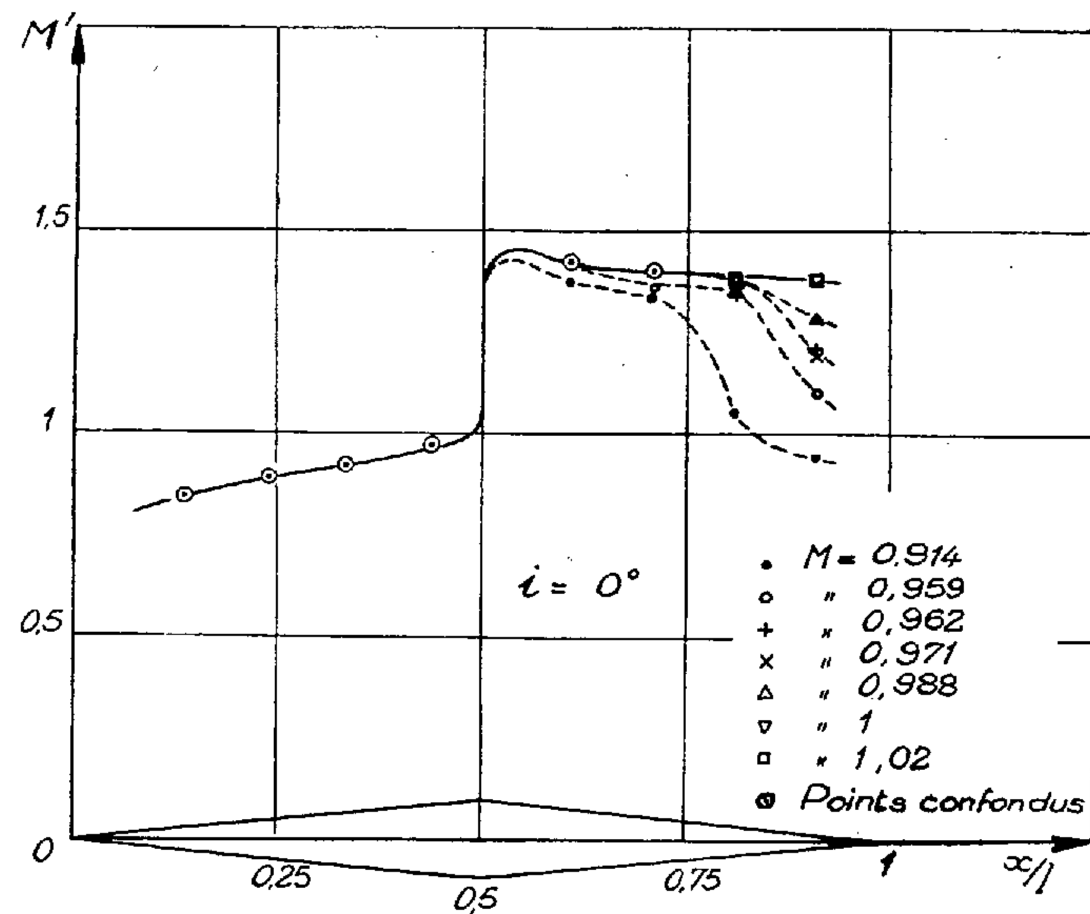


Fig. 1.

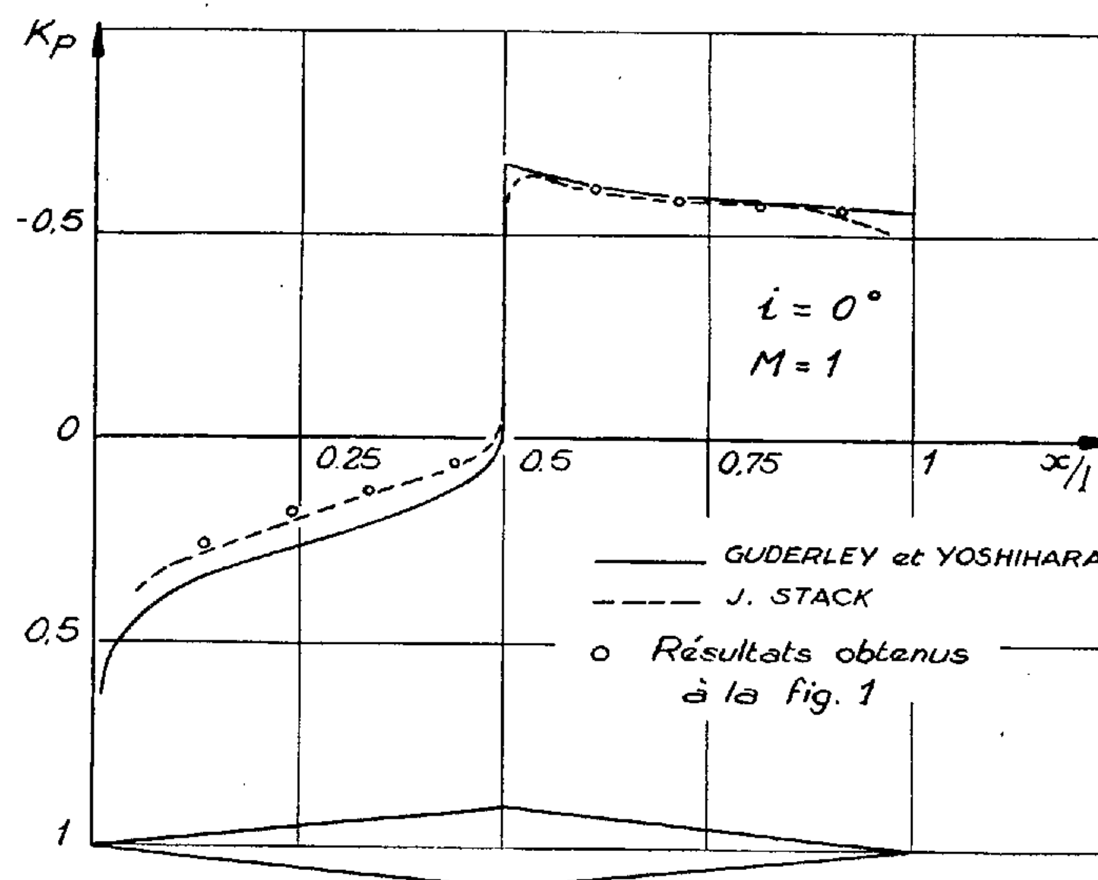


Fig. 2.

locaux M′ ne varient pas sur le dièdre antérieur au voisinage de M = 1, alors que, sur le dièdre postérieur et dans les mêmes conditions, ils sont

(²) *Transonic Flow past Wedge Sections* (*Journal of Aeron. Sciences*, vol. 17, déc. 1950, p. 745-755).

influencés par des configurations de choc variables au voisinage de la pointe arrière du profil.

La figure 2 traduit, pour $M = 1$, les résultats de la figure précédente en coefficient local de pression K_p, en vue de comparer ces résultats à ceux du calcul théorique de Guderley et Yoshihara et aux résultats expérimentaux correspondants de J. D. Stack [3]. L'écart relatif avec ces derniers, au plus égal à 2 ou 3 %, peut être attribué aux imperfections des maquettes et à l'influence de nombres de Reynolds différents sur les couches-limites.

THÉORIE DE LA DÉTONATION. — *Détonation des explosifs liquides et solides.* Note de M. **Eugen Saenger**, transmise par M. Joseph Pérès.

La théorie de la détonation des explosifs gazeux a été établie d'une manière satisfaisante par les études de Hugoniot, Chapman, Jouguet et Becker.

Une théorie équivalente de la détonation des explosifs liquides et solides n'existe pas encore, surtout à cause du fait que les ondes de choc dans ces milieux ne provoquent pas d'augmentations de température assez forte, pour assurer l'allumage de la réaction chimique.

D'après des résultats de recherches plus récentes, on pourrait être autorisé à admettre que l'onde de détonation ne se produit pas du tout dans les solides ou les liquides proprement dits, mais que ces milieux sont d'abord vaporisés et que l'onde de choc ainsi que la réaction chimique ont lieu déjà dans l'explosif gazéifié, de telle sorte, que la théorie de la détonation des explosifs gazeux puisse être appliquée également aux explosifs liquides et solides.

Cette conception découle des hypothèses récentes sur la transmission de chaleur à partir des gaz incandescents vers le combustible pendant le processus de la combustion.

Dans les théories classiques, on suppose que cette transmission de chaleur s'effectue sous forme de conduction, de diffusion et de transport de radicaux activés. Cette hypothèse ne donne de résultats satisfaisants que lorsque les températures de combustion sont assez modestes.

Pour des températures plus élevées on est amené à supposer que la transmission de chaleur des gaz incandescents vers les combustibles prend la forme de rayonnement de luminescence avec une intensité très importante [1].

Ce rayonnement de non-équilibre permet de rendre compte d'une manière satisfaisante des vitesses de combustion dans les flammes provenant d'un

---

(3) *Experimental Methods for Transonic Research* (*Third Anglo-American Aeronautical Conference*, Brighton, 1951).

(1) E. Saenger, I. Bredt et P. Goercke, *Comptes rendus*, **230**, 1950, p. 949; *Z. ang. Math. Phys.*, **1**, 1950, p. 209-210; *Nat. Ad. Com. Aeronautics*, tech. mem. 1305, 1951; *Ann. Télécommunications*, **6**, 1951, p. 250-260; *Z. Phys. Chemie*, **199**, 1952, p. 46-68.

mélange de gaz, ayant un grand pouvoir calorifique et dans les mélanges d'air ou d'oxygène avec des gouttelettes ou des poussières de combustible ([2]); il permet de comprendre la combustion des combustibles solides et des poudres ([3]).

Nous montrons ici que cette hypothèse donne aussi une explication des phénomènes physiques de détonation des explosifs liquides et solides.

Nous partons de quelques résultats empiriques bien connus sur ces détonations : vitesse de détonation de l'ordre de grandeur de 10^4 m/sec, en tout cas plus grande que la vitesse du son dans les explosifs; pression de détonation de l'ordre de 10^5 kg/cm²; densité des gaz de combustion sensiblement plus grande que la densité des explosifs même, c'est-à-dire que les distances réciproques des molécules de gaz tendent vers zéro; pouvoir réflecteur des gaz de combustion pour les ondes électriques équivalent à celui des métaux massifs, c'est-à-dire forte ionisation des gaz incandescents.

La transmission de chaleur nécessaire pour la vaporisation des explosifs immédiatement avant l'arrivée de l'onde de détonation est de l'ordre de 10^5 kcal/cm² sec.

Si l'on suppose que la compression dynamique dans l'onde de choc, réalisée pendant quelques chocs moléculaires seulement, agit d'abord et surtout sur les degrés de liberté moléculaires de translation, on peut calculer des températures de l'ordre de 10^5 °K, résultant uniquement de l'onde de choc ([4]).

La plupart des molécules ont donc déjà la vitesse thermique nécessaire pour l'excitation électronique par chocs mutuels, de telle sorte que la masse totale du gaz rayonnera.

Les quanta moyens du rayonnement seront de $\varepsilon = 10^{-22}$ kcal, et (en admettant que les distances intermoléculaires sont sensiblement nulles et que la couche de rayonnement possède une épaisseur optique infinie) on trouve à partir de la surface moléculaire optiquement efficace Q et de la durée de l'émission quantique τ, l'intensité I de ce rayonnement $I = \varepsilon/2\tau Q$, comme exemple numérique $I = 10^{-22}/(2.0,\ 9.10^{-8}.10^{-20}) = 5,5.10^5$ kcal/cm² sec.

Donc, l'intensité de luminescence du choc de détonation suffit toujours pour vaporiser l'explosif avec la vitesse de la détonation.

Pendant la détonation, l'explosif liquide ou solide serait donc d'abord gazéifié; dans la couche infiniment mince de ce gaz se produit alors l'onde de choc avec des températures de translation fugitives très hautes, qui provoquent d'une part le rayonnement et d'autre part l'allumage des réactions chimiques, qui suivent l'onde de choc.

([2]) E. Saenger, *Z. Brennstoff. Chemie*, **32**, 1951, p. 1-12 et 33-50.

([3]) E. Saenger, *Z. Naturforschung*, **5** *a*, 1950, p. 467; *Z. phys. Chemie*, **197**, 1951, p. 265-276.

([4]) E. Saenger, *Z. Naturforschung*, **6** *a*, 1951, p. 302-304.

Tandis que la vitesse quadratique moyenne des molécules dans la répartition de Maxwell des gaz de l'onde de détonation se place à l'intérieur du domaine des vitesses nécessaires pour l'excitation électronique, elle reste en général plus petite que la vitesse nécessaire à l'ionisation par choc. En conséquence seule une fraction des molécules suivant la distribution de Maxwell atteint l'énergie d'ionisation. Cette fraction correspond quand même à une densité d'ions de l'ordre de 10^{20} cm^{-3}, c'est-à-dire que la matière de l'onde de détonation se comporte comme un plasma électrique de très haute teneur en électrons.

PHYSIQUE MATHÉMATIQUE. — *Sur la forme spinorielle des densités de valeur moyenne des grandeurs physiques attachées aux particules de spin* 1/2. Note de Mme **Judith Winogradzki**, présentée par M. Louis de Broglie.

On établit la forme spinorielle générale des densités de valeur moyenne des grandeurs physiques, attachées aux particules de spin 1/2, auxquelles correspondent des opérateurs n'agissant que sur la variable de spin. On montre que les cinq grandeurs physiques classiques sont déterminées par certaines conditions de symétrie.

Nous déterminons dans cette Note l'expression générale des densités de valeur moyenne des grandeurs physiques, attachées aux particules de spin 1/2, auxquelles correspondent des opérateurs n'agissant que sur la variable de spin. Ces opérateurs sont invariants par rapport aux transformations de Lorentz orthochrones propres. Postulons que les densités de valeur moyenne sont des tenseurs ([1]). Il résulte de ce postulat, de la loi de transformation de la fonction d'onde d'une particule de spin 1/2 et des deux principes fondamentaux de la Mécanique Ondulatoire ([2]), que les spineurs associés ([3]) aux densités de valeur moyenne (« spineurs **s** ») ont les quatre propriétés suivantes :

1° *Rang*. — Ils sont de rang pair, un nombre égal d'indices appartenant à chacun des deux types spinoriels. (Propriété banale des spineurs associés à des tenseurs.)

2° *Symétrie*. — Ils satisfont à la condition d'hermiticité généralisée

$$s_{\dot{k}_1 m_1 \ldots \dot{k}_n m_n} = \bar{s}_{\dot{m}_1 k_1 \ldots \dot{m}_n k_n}. \tag{1}$$

(Propriété banale des spineurs associés à des tenseurs réels.)

3. *Composition*. — Leurs formules de structure ne contiennent que les deux spineurs décrivant l'état de la particule, soient ψ et χ, le spineur métrique ([4]), soit ε, et des paramètres numériques :

$$\mathbf{s} = \mathbf{s}(\psi, \chi; \varepsilon; a, b, \ldots).$$

([1]) L. de Broglie. *Archives des sciences physiques et naturelles*, 15, 1933, p. 478.
([2]) L. de Broglie. *La théorie des particules de spin* 1/2. Gauthier-Villars, 1952, p. 17.
([3]) B. L. van der Waerden. *Göttinger Nachrichten*, 1929, p. 102.
([4]) A. Einstein et W. Mayer, *Berliner Berichte*, 522, 1932, p. 550.

4. *Structure.* — Leurs composantes sont des combinaisons linéaires, à coefficients constants, de produits de deux composantes des spineurs décrivant l'état de la particule : soit de deux composantes du même spineur de types spinoriels différents $(\psi\dot{\psi}, \chi\dot{\chi})$, soit de deux composantes de spineurs différents de même type spinoriel $(\psi\chi, \dot{\psi}\dot{\chi})$.

Inversement, les tenseurs, associés aux spineurs ayant ces quatre propriétés, ont les propriétés générales des densités de valeur moyenne des grandeurs physiques attachées aux particules de spin 1/2 et auxquelles correspondent des opérateurs n'agissant que sur la variable de spin. Or, ces quatre propriétés déterminent la structure des spineurs **s**. On obtient :

$$(2) \qquad s_{\dot{k}_1 m_1 \ldots \dot{k}_{2\nu+1} m_{2\nu+1}} = \sum_{\alpha=1}^{2\nu+1} \sum_{\beta=1}^{2\nu+1} \left(\psi_{\dot{k}_\alpha} \psi_{m_\beta} \Delta_{\dot{k}_1 \ldots (\dot{k}_\alpha) \ldots (m_\beta) \ldots m_{2\nu+1}} + \chi_{\dot{k}_\alpha} \chi_{m_\beta} \overline{\Delta}_{\dot{k}_1 \ldots (\dot{k}_\alpha) \ldots (m_\beta) \ldots m_{2\nu+1}} \right)$$

$$(3) \qquad s_{\dot{k}_1 m_1 \ldots \dot{k}_{2\nu} m_{2\nu}} = \sum_{\substack{\alpha=1 \\ \alpha \neq \beta}}^{2\nu} \sum_{\beta=1}^{2\nu} \left(\psi_{\dot{k}_\alpha} \chi_{\dot{k}_\beta} \Delta_{\dot{k}_1 \ldots (\dot{k}_\alpha) \ldots (\dot{k}_\beta) \ldots m_{2\nu}} + \psi_{m_\alpha} \chi_{m_\beta} \overline{\Delta}_{\dot{k}_1 \ldots (m_\alpha) \ldots (m_\beta) \ldots m_{2\nu}} \right)$$
$$+ \psi_\rho \chi^\rho \Delta_{\dot{k}_1 \ldots m_{2\nu}} + \psi_{\dot{\rho}} \chi^{\dot{\rho}} \overline{\Delta}_{\dot{k}_1 \ldots m_{2\nu}}.$$

Les spineurs Δ, $\overline{\Delta}$ de rang $2n$ sont des combinaisons linéaires, à coefficients constants, de tous les produits spinoriels possibles du spineur métrique multiplié n fois par lui-même. Les deux indices entre parenthèses sont des indices de numérotage (et non de variance). Les paramètres figurant dans les spineurs Δ, $\overline{\Delta}$ sont liés par l'équation (1).

En particulier, d'après l'équation (2),

$$(4) \qquad s_{\dot{k}m}(b, \overline{b}) = 2(b\psi_{\dot{k}}\psi_m + \overline{b}\chi_{\dot{k}}\chi_m) = \overline{b}\, s_{\dot{k}m}(\beta)$$

et, d'après l'équation (3), et à un coefficient réel arbitraire près,

$$(5) \qquad s(\alpha) = e^{i\alpha}\psi_\rho\chi^\rho + e^{-i\alpha}\psi_{\dot{\rho}}\chi^{\dot{\rho}}$$

$$(6) \qquad \begin{cases} s'_{\dot{k}m\dot{p}q}(\alpha) = \frac{1}{2}[s_{\dot{k}m\dot{p}q}(\alpha) - s_{\dot{p}q\dot{k}m}(\alpha)] \\ \qquad = -2[e^{i\alpha}(\psi_m\chi_q + \chi_m\psi_q)\,\varepsilon_{\dot{k}\dot{p}} + e^{-i\alpha}(\psi_{\dot{k}}\chi_{\dot{p}} + \chi_{\dot{k}}\psi_{\dot{p}})\,\varepsilon_{mq}, \\ \qquad \text{d'où} \quad s'_{\dot{k}m\dot{p}q}(\alpha) = is'_{\dot{p}m\dot{k}q}\left(\alpha + \frac{\pi}{2}\right), \end{cases}$$

$$(7) \qquad s''_{\dot{k}m\dot{p}q}(\alpha) = \frac{1}{2}[s_{\dot{k}m\dot{p}q}(\alpha) + s_{\dot{p}q\dot{k}m}(\alpha)] = s(\alpha)\,\varepsilon_{\dot{k}\dot{p}}\,\varepsilon_{mq},$$

b, $\overline{b}$, α étant des nombres réels quelconques.

Les spineurs s, $s_{\dot{k}m}$, $s'_{\dot{k}m\dot{p}q}$, $s''_{\dot{k}m\dot{p}q}$ forment donc des familles à deux paramètres réels dont l'un dépend des unités choisies. Nous appellerons « paramètres internes » les paramètres α et $\beta = b/\overline{b}$, indépendants des unités, qui caractérisent les grandeurs physiques.

Les paramètres internes des grandeurs physiques classiques [5] sont déterminés par les relations de symétrie suivantes (que l'on peut déduire d'une condition unique comme nous le montrerons ultérieurement) :

(I) $$s(\alpha) = s(-\alpha), \quad \text{d'où} \quad \alpha = 0,$$

$s(0)$ est le premier invariant.

(II) $$s(\alpha) = -s(-\alpha), \quad \text{d'où} \quad \alpha = \frac{\pi}{2}.$$

$s(\pi/2)$ est le deuxième invariant.

(III) $$\begin{cases} s'_{kmpq}(\alpha) = \ \ s'_{kmpq}(-\alpha), & \text{d'où} \quad \alpha = 0, \\ s'_{kmpq}(\alpha) = -s'_{kmpq}(-\alpha), & \text{d'où} \quad \alpha = \frac{\pi}{2}, \end{cases}$$

$s'_{kmpq}(0)$ et $s'_{kmpq}(\pi/2)$ sont, en unités convenablement choisies, les deux formes spinorielles des densités de valeur moyenne des moments magnétique [composantes spatiales du tenseur associé au spineur $s'_{kmpq}(\pi/2)$, composantes spatio-temporelles du tenseur associé au spineur $s'_{kmpq}(0)$] et électrique [composantes spatiales du tenseur associé au spineur $s'_{kmpq}(0)$, composantes spatio-temporelles du tenseur associé au spineur $s'_{kmpq}(\pi/2)$]. (Particules électrisées.)

(IV) $$s_{km}(b, \bar{b}) = s_{km}(\bar{b}, b), \quad \text{d'où} \quad \beta = 1,$$

$s_{km}(1)$ est, en unités convenablement choisies, la forme spinorielle de la densité de valeur moyenne du courant d'Univers [6],

(V) $$s_{km}(b, \bar{b}) = -s_{km}(\bar{b}, b), \quad \text{d'où} \quad \beta = -1,$$

$s_{km}(-1)$ est, en unités convenablement choisies, la forme spinorielle de la densité de valeur moyenne du quadrivecteur dont les composantes d'espace forment le spin.

ÉLECTRICITÉ. — *Mesures thermoélectriques sur le silicium* P. Note de M. **Jean Savornin** et Mme **France Savornin**, présentée par M. Gustave Ribaud.

On a mesuré les f. é. m. de couples thermoélectriques formés d'un barreau de Si et d'un fil de Cu. Le Si employé est *positif* par rapport au Cu (silicium semi-conducteur du type P; le type N est au contraire *négatif*); pouvoir thermoélectrique par rapport au Cu : 700 μV par degré, pureté 99,85 %. Les f. é. m. sont à température ascendante ou à température descendante.

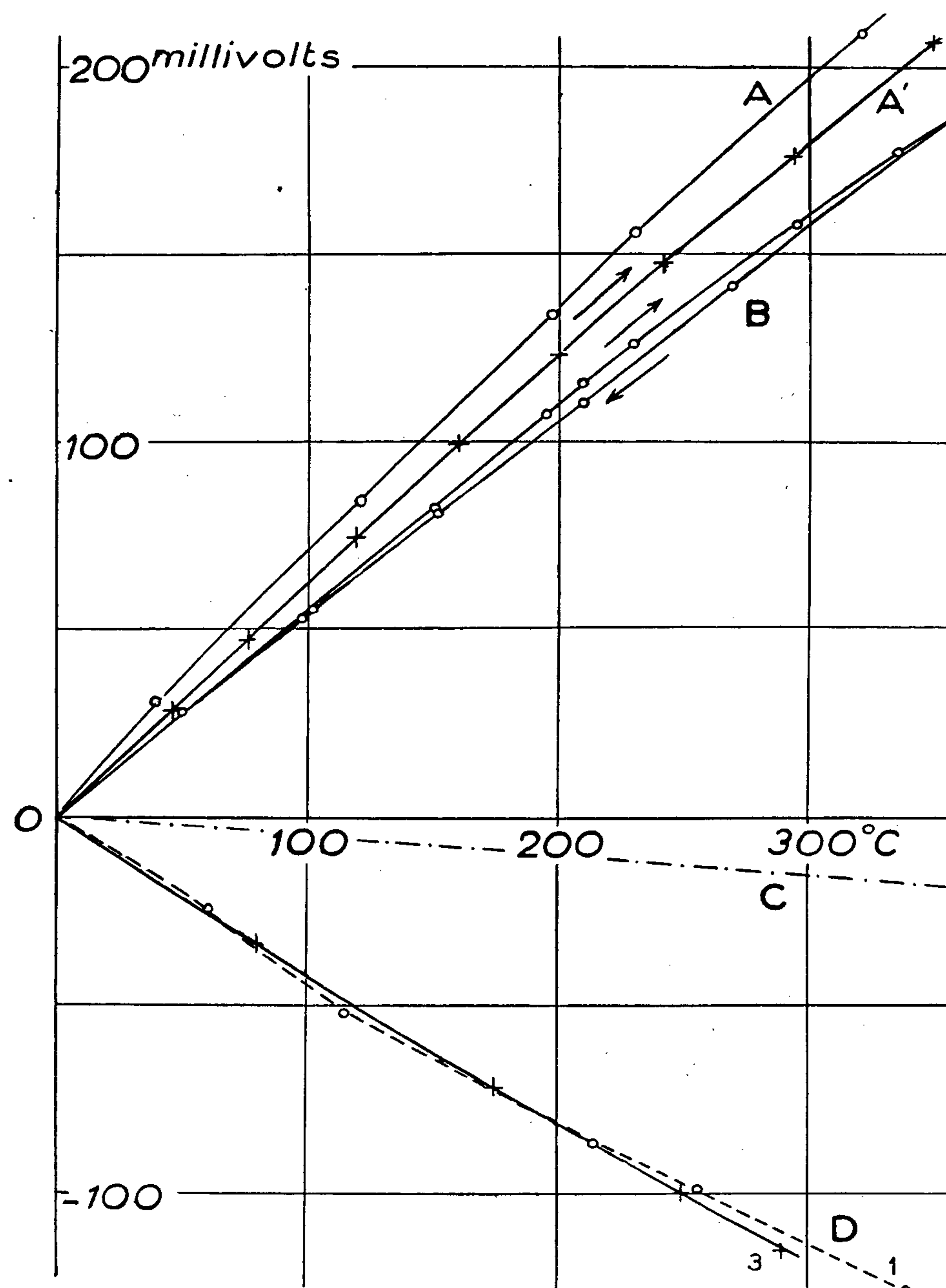
Dans une Note précédente [1] nous avons décrit un échantillon de silicium thermoélectriquement positif par rapport au cuivre. Nous avons

(5) L. de Broglie, *L'électron magnétique*, Hermann, 1934, p. 225-226.

(6) O. Laporte et G. E. Uhlenbeck, *Phys. Rev.*, 37, 1931, p. 1394.

(1) *Comptes rendus*, 234, 1952, p. 2165.

depuis eu connaissance des travaux de R. S. Ohl ([2]) sur des couples formés de Si semi-conducteur du type P, joint à du Si de type N : en accord avec nos résultats, cet auteur note que le type P est positif par rapport au Cu (le type N est négatif); il donne pour pouvoir thermoélectrique du couple Si (P)—Si (N) la valeur 720 μV par degré.



Les barreaux de Si sur lesquels ont porté nos mesures sont du type P, leur dimension est de grandeur inusitée (barreaux n° 1 : 5 × 9 × 120 mm, pureté 98,0 %; n° 2 : 5 × 10 × 160 mm, pureté 99,4 %; n° 3 : 7 × 11 × 185 mm; n° 4 : 5,5 × 10 × 170 mm; n° 5 : 7 × 10,5 × 180 mm). Les barreaux 3, 4, 5 ont été taillés dans une plaque de pureté moyenne 99,85 %. Nous avons étudié en fonction de la température de

([2]) Brevet U. S. A. N° 2 402 663; *cf. Chem. Abs.*, **40**, 1946, p. 7017.

la soudure chaude (soudure froide à 0° C) les f. é. m. thermoélectriques des couples : barreau de Si (P) — fil de Cu pur. Le montage employé est décrit dans notre Note déjà citée. Les courbes A, A′ et B de la figure résument nos résultats.

La courbe A (barreau 5) correspond au plus fort pouvoir thermoélectrique observé : il dépasse 700 μV par degré entre 0 et 100°, et diminue ensuite progressivement.

La courbe A′ (barreau 3) montre entre 0 et 200° un pouvoir sensiblement constant de 630 μV par degré.

La courbe B (barreau 2) offre des valeurs légèrement inférieures (550 μV par degré entre 0 et 100°). On a figuré pour ce barreau les f. é. m. obtenues à température croissante (jusqu'à 350°), puis à température décroissante : il apparaît un phénomène marqué d' « hystérésis », la f. é. m. à 210° par exemple, qui valait 116,8 mV à l'aller n'atteint que 112,4 mV au retour (diminution de 4 %). Le même phénomène se manifeste sur tous les barreaux, quoique en général, avec une intensité moindre : le retour des courbes A et A′ n'a pas été figuré, il est décalé vers le bas d'une faible quantité ne dépassant pas 1 à 2 % des ordonnées. Si l'on arrête la baisse de température de la soudure chaude, pour réchauffer de nouveau, on repasse au-dessus de la courbe correspondant aux températures descendantes.

Le barreau 1, étudié également, fournit un pouvoir thermoélectrique sensiblement constant, de 590 μV par degré : sa courbe se placerait entre A′ et B. Quant au barreau 4, il donne une f. é. m. légèrement plus faible que le barreau 3.

La courbe C représente pour comparaison la f. é. m. du couple Cu-Constantan qui a servi à nos mesures.

Les courbes D reproduisent les résultats de F. G. Wick (couple Si-Cu), d'après les mesures décrites sur ses barreaux de Si n° 1 et n° 3.

La très grande divergence de valeurs entre les f. é. m. mesurées par d'autres auteurs ou par nous-mêmes sur les couples Si-Cu doit être attribuée aux impuretés. Ces impuretés peuvent, soit augmenter, soit diminuer les pouvoirs thermoélectriques du silicium : c'est ainsi que B. I. Boltaks [3] obtient des valeurs ne dépassant pas 460 μV par degré pour du Si très pur à 99,99 % et descendant à moins de 330 μV pour du Si à 99,93 %. Nos mesures atteignent 630 et 700 μV pour du Si à 99,85 %, redescendent à 550 μV pour une pureté de 99,4 %, et remontent à 590 pour 98 % de pureté.

---

(3) *Zh. tekh., S. S. S. R.*, **20**, 1950, p. 3.

MAGNÉTISME. — *L'antiferromagnétisme d'atomes placés sur des sites cristallographiques différents.* Note de M. **Charles Guillaud**, présentée par M. Gaston Dupouy.

Nous donnons une série de composés définis : Mn_2Sb, Mn_4N, Mn_2As, MnP, CrTe, que nous avons étudiés, pour lesquels nous émettons l'hypothèse, que nous justifions, d'interactions négatives.

Nous avons signalé pour la première fois que des atomes situés sur des sites cristallographiques différents pouvaient conduire à un mécanisme d'antiferromagnétisme.

C'est ainsi qu'en ce qui concerne le composé défini Mn_2Sb (1), nous avions distingué les atomes de manganèse Mn_I situés dans les plans (001), des atomes de manganèse Mn_{II} non situés dans les plans de base. Pour interpréter le moment à saturation, nous avions émis l'hypothèse que les atomes Mn_I se trouvaient dans l'état $3d^5$, $4S^2$ et les atomes Mn_{II} dans l'état $3d^7$, les moments de spins de ces deux groupes d'atomes étant disposés antiparallèlement. Pour appuyer cette hypothèse, nous avions invoqué les propriétés paramagnétiques, la courbure du graphique $1/\chi = f(T)$ s'expliquant par l'existence de deux valeurs différentes du champ moléculaire. Cette hypothèse était également étayée par la courbe d'aimantation spontanée $\sigma/\sigma_0 = f(T/\theta)$, par les règles empiriques de Hume-Rothery et par la distance de 2,70 Å entre Mn_I et Mn_{II} qui entraîne des interactions négatives.

Dans la série de nos travaux, nous citerons également le composé défini Mn_4N, étudié en collaboration avec Wyart (2), dont le moment à saturation peut s'expliquer par un mécanisme analogue. Sur les diagrammes d'alliages de composition proche de Mn_4N, apparaissent des raies de surstructure d'intervalles réticulaires 3,8 Å et 2,71 Å, de notation respective 100 et 110 et uniquement dues à la diffraction des atomes d'azote. Les diagrammes X montrent ainsi que les atomes d'azote se placent, avec ordre, aux centres des mailles.

Pour expliquer le moment résultant très proche de 1 magnéton de Bohr, nous avons également envisagé deux états différents des atomes de manganèse : $3d^5$, $4s^2$ pour l'atome situé au sommet du cube et $3d^8$ pour les trois atomes situés au centre des faces. Avec une disposition antiparallèle, on obtient alors un moment résultant égal à $2 \times 3 - 5 = 1$ magnéton de Bohr, en accord avec le moment expérimental. Cette distinction entre les atomes de Mn est justifiée par l'inégalité des distances par rapport à l'atome d'azote, qui doit conduire à

(1) Ch. Guillaud, *Thèse*, Strasbourg, 1943.

(2) Ch. Guillaud et J. Wyart, *Journal des Recherches du C. N. R. S.*, 1947, n° 3, p. 123.

l'ionisation des atomes de manganèse les plus proches de l'atome d'azote. Nous avons également justifié ce mécanisme par la courbe d'aimantation spontanée $\sigma/\sigma_0 = f(T/\theta)$ qui est pratiquement une droite. La distance $2{,}72_5$ Å, que nous trouvons entre atomes de manganèse, conduit ainsi à des interactions négatives.

Nous rapprocherons les propriétés de Mn_4N de celles de Fe_4N [3]. Le moment à saturation de Fe_4N est de 2,20 magnétons de Bohr; il est égal à celui du fer. Dans ce cas, le mécanisme d'antiferromagnétisme ne joue probablement pas

Nous avons aussi émis l'hypothèse d'interactions négatives dans les solutions solides d'arséniures et antimoniures de manganèse [1].

En ce qui concerne les antimoniures de manganèse, la variation de la pente des moments à saturation en fonction de la composition, conduit à admettre que l'atome de Mn qui entre en solution est dans l'état $3d^5$, $4S^2$, les autres atomes de manganèse étant, comme nous l'avons montré, dans l'état $3d^7$. La limite de solution solide cesse quand un atome de Sb est remplacé par un atome de manganèse — et le moment à saturation expérimental que l'on trouve pour cette limite est en bon accord avec le mécanisme d'antiferromagnétisme envisagé.

Une donnée supplémentaire est fournie par cette étude, c'est que la distance 2,78 Å conduit à des interactions négatives; cette distance, en ce qui concerne les atomes de manganèse, apparaît comme étant proche de la limite à partir de laquelle il y a passage de l'antiferromagnétisme au ferromagnétisme.

Nous retrouvons probablement ce même mécanisme dans les arséniures de manganèse [1], quoique nos études, dans ce domaine, soient moins précises. L'atome de manganèse se substituant à l'atome d'arsenic doit être dans l'état $3d^5$, $4S^2$ et avec une disposition antiparallèle par rapport aux atomes de manganèse des plans de base.

Nous ajouterons à ces résultats ceux relatifs au composé défini Mn_2As. Nous avons préparé un monocristal du composé Mn_2As qui marque la limite du ferromagnétisme des alliages manganèse-arsenic. Les résultats obtenus jusqu'à présent permettent d'envisager que les atomes de Mn sont disposés dans des plans superposés. Nous émettons l'hypothèse du mécanisme de l'antiferromagnétisme entre deux plans voisins. Mn_2As serait ainsi un antiferromagnétisme parfaitement compensé.

Nous envisageons que ce mécanisme d'antiferromagnétisme joue également dans le composé MnP [4], les plans successifs étant occupés par des atomes à l'état $3d^5$, $4s^2$ et $3d^7$.

Cette hypothèse est étayée par le faible moment expérimental que nous

(3) Ch. Guillaud et Creveaux, *Comptes rendus*, **222**, 1946, p. 1170.

(4) Ch. Guillaud et Creveaux, *Comptes rendus*, **224**, 1947, p. 266.

avons trouvé et qui est légèrement supérieur à 1 magnéton de Bohr. Nous signalons également, en ce qui concerne MnP, la très forte variation du point de Curie en fonction du champ.

Mais ce mécanisme que nous avons observé d'une façon très fréquente dans les alliages de manganèse n'est pas spécial au manganèse.

Nous avons étudié, en particulier, le composé défini CrTe [5] et le faible moment que nous avons déterminé, 2,40 magnétons de Bohr, paraît s'interpréter par un mécanisme d'antiferromagnétisme.

RADIOÉLECTRICITÉ. — *Amplification par ondes de charge d'espace dans un faisceau électronique se déplaçant dans des champs électrique et magnétique croisés.* Note de MM. **Robert Warnecke**, **Harry Huber**, **Pierre Guénard** et **Oskar Doehler**, présentée par M. Camille Gutton.

Dans une Note antérieure [1] on a indiqué le principe d'un tube à « ondes électroniques » du type à « champs croisés » dans lequel l'amplification résulte de l'interaction entre deux faisceaux de vitesses différentes; l'amplification peut aussi bien être obtenue avec un faisceau unique dans lequel une densité de charge d'espace élevée introduit des différences de vitesse. Pour un faisceau rectiligne et mince, la théorie [2], [3], [4], limitée à des signaux de faible amplitude, montre que le gain est proportionnel à l'écart relatif de vitesse

$$\frac{\Delta v}{v} = \frac{\sqrt{\frac{2m}{e}}}{\varepsilon_0} \frac{d}{h} \frac{B}{B_{cr}} \frac{I}{V_p^{\frac{3}{2}}} \left(1 + \frac{V_s}{V_p}\right), \tag{1}$$

d étant la distance des deux plaques P et S qui limitent l'espace d'interaction (*fig.* 1), V_s et V_p leurs potentiels par rapport à la cathode K, B et B_{cr} le champ magnétique appliqué et sa valeur critique, I l'intensité du courant transporté par le faisceau et h la hauteur de celui-ci normalement au plan de la figure.

L'existence de ces ondes de charge d'espace amplifiées permet d'expliquer un certain nombre d'anomalies rencontrées dans les tubes à champs croisés : existence d'oscillations de faible puissance, arrivée d'électrons sur l'anode pour un champ magnétique notablement supérieur au champ critique, température élevée du gaz électronique, bruit élevé, distribution particulière de la

(5) Ch. Guillaud et Barbezat, *Comptes rendus*, 222, 1946, p. 1224.

(1) R. Warnecke, O. Doehler et W. Kleen, *Comptes rendus*, 229, 1949, p. 709.
(2) R. Warnecke, O. Doelher et D. Bobot, *Ann. de Radioélec.*, 5, 1950, p. 279-292.
(3) O. Buneman, *Nature*, 165, 1950, p. 474-475.
(4) G. G. Macfarlane et H. G. Hay, *Proc. Phys. Soc.*, 63, 1950, p. 409-427.

charge d'espace et réchauffage de la cathode en l'absence d'oscillations de grande puissance dans le magnétron oscillateur, rendement relativement faible du magnétron amplificateur [5].

Ce mécanisme d'amplification [6] a été mis directement en évidence expérimentalement au moyen du tube amplificateur représenté schématiquement sur la figure 1.

Ce tube comporte un espace limité longitudinalement par la plaque P, où ne figure aucun élément de circuit dont le champ soit susceptible d'agir sur

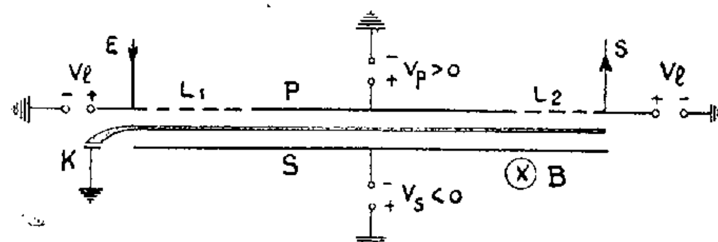


Fig. 1.

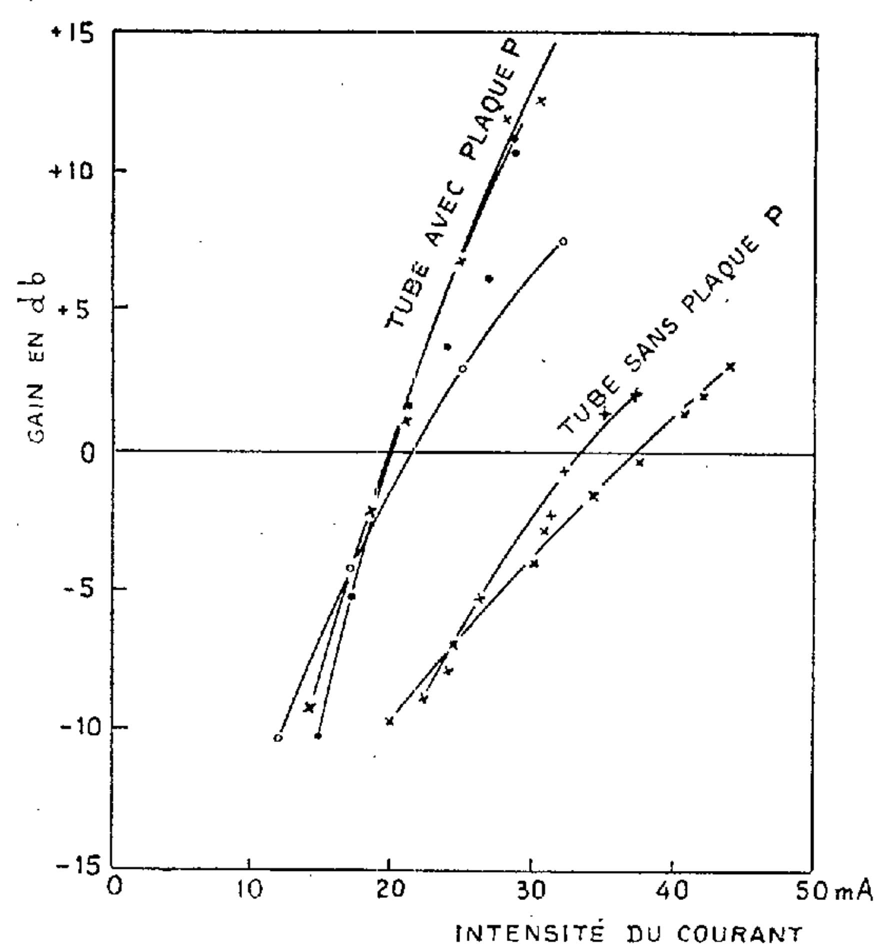


Fig. 2.

le faisceau. Deux tronçons courts de ligne à retard L_1 et L_2 [ligne interdigitale [7]] permettent d'introduire et de prélever l'énergie H. F. dans le faisceau. L'étude de ce tube a conduit aux résultats suivants :

a. Pour apprécier l'action des tronçons de ligne L_1 et L_2, on a comparé le gain du tube de la figure 1 (*fig.*2) avec celui d'un tube fonctionnant dans les mêmes conditions dans lequel la plaque P avait été supprimée et les deux tronçons L_1 et L_2 raccordés. La différence des gains, correspondant au gain de l'espace « sans circuit », concorde avec la valeur théorique.

b. La sole négative S capte un certain courant électronique, ainsi que la plaque positive P (lorsque la puissance appliquée à l'entrée est suffisante).

---

(5) R. Warnecke, W. Kleen, A. Leebs, O. Doehler et H. Huber, *P. I. R. E.*, 38, 1950, p. 486-495.

(6) Appelé « diocotron » de διωκειν (poursuivre).

(7) R. Warnecke, O. Doehler et P. Guénard, *Comptes rendus*, 231, 1950, p. 1220.

L'expérience donne pour le courant sole une expression de la forme

$$\frac{I_r}{I} = \alpha e^{\beta \frac{B}{B_{cr}} \frac{I}{V^{\frac{3}{2}}} \left(1 + \frac{V_s}{V_p}\right)} \tag{2}$$

dont l'exposant est identique, à une constante près, au second membre de l'équation (1) et également à l'expression que l'on rencontre dans l'étude du trochotron ([8]). L'énergie des électrons captés par la sole a une répartition maxwellienne et correspond à une température d'environ 10,5° K.

On peut envisager d'utiliser pratiquement ce mécanisme d'amplification. Pour l'instant, les auteurs ont obtenu avec un « diocotron » amplificateur une puissance de 20 W, un gain de 15 db et un rendement de 5 % aux environs de 1200 Mc/s.

SPECTROGRAPHIE. — *Sur l'application de quelques méthodes spectrographiques.* Note de Mlle **Marie Théodoresco**, présentée par M. Jean Cabannes.

C'est en vue de trouver une méthode de discrimination du sang des cancéreux que nous avons appliqué quelques procédés spectrographiques dans un travail de comparaison entre des sérums de personnes supposées normales (hommes et femmes) et des sérums de personnes ayant des tumeurs malignes nettement définies (hommes et femmes). L'Institut Gustave Roussy de Villejuif nous a fourni des sérums de cancéreux divers d'après les conseils de M. R. Truhaut qui dirige un service de recherches dans le domaine du cancer.

Au cours de ce travail qui comprend une application de différents procédés physiques, nous avons toujours employé les sérums à l'état liquide.

1° *Diagrammes de Debye et Scherrer.* — Quelle que fut la provenance des sérums, les diagrammes obtenus ont le même aspect. Ils rentrent dans le cadre général des diagrammes de rayons X obtenus avec les liquides : nous avons des anneaux larges et flous.

Les enregistrements micro-photométriques de ces diagrammes nous ont permis de repérer les centres des anneaux et d'avoir leur diamètre respectif. La légère différence calculée (de l'ordre de 1 %) entre les diamètres des anneaux correspondants lorsque l'on passe d'un spectre à l'autre ne peut conduire vers une application sélective étant donné la largeur et le flou des anneaux que l'on obtient.

Mais, si le but cherché n'a pas été atteint, nos résultats nous ont permis cependant de constater un fait intéressant : les distances d calculées par

---

([8]) H. Alfven, L. Lindberg, K. G. Malmfors, T. Wallmark et E. Åstrom, *Trans. Roy. Inst. Technol.,* Stockholm, 1948.

la formule de Bragg sont, au centième près, $d_1 = 3,22$ Å et $d_2 = 2,11$ Å.

Or, si nous nous rapportons aux publications, nous trouvons pour l'eau à l'état liquide :

	d_1.	d_2.	d_3.	d_4.	température.
H. H. Meyer	3,13	2,11	1,34	0,89	20° C
G. W. Stewart	3,24	2,11	1,13	–	ca 20° C

tandis que nous trouvons pour les sérums :

	3,22	2,11	–	–	–

à la température du laboratoire.

Nous nous abstenons de donner la valeur de d_3 à cause de l'incertitude avec laquelle le repérage peut être fait dans le cas du troisième anneau sur les diagrammes que nous avons obtenus.

Cette comparaison entre les valeurs que je trouve et celles que donnent les auteurs pour l'eau pure à l'état liquide, m'autorise à conclure que *la régularité de l'arrangement entre les molécules d'eau pure est conservée par l'eau des sérums humains normaux et cancéreux.*

Signalons que cette particularité de l'eau a déjà été constatée à propos de certaines solutions aqueuses.

2° *Absorption dans l'ultraviolet.* — Nos essais ont porté dans la plupart des cas sur des sérums de même provenance que plus haut.

D'une façon générale, les sérums se sont montrés opaques dans l'ultraviolet lointain. La limite de transparence varie avec les sérums. On peut admettre que vers 3 050 Å les sérums sont opaques.

Dans la zone de transparence, ils ont, en général, une bande d'absorption dont le centre paraît être vers 3 910-3 920 Å suivant le sérum. La largeur de cette bande varie avec le sérum quelle que soit sa provenance : normale ou cancéreuse. Des appréciations d'ordre quantitatif ne semblent pas indiquées ici. A mon sens, les spectres d'absorption dans l'ultraviolet ne peuvent pas conduire au but que je m'étais proposé en commençant ce travail.

3° *Absorption dans l'infrarouge.* — Les essais ont porté sur une région comprise entre 2 et 15 μ. Contrairement à Heintz (1), nous avons utilisé les sérums à l'état liquide parce que nous cherchions une méthode de comparaison entre les différents spectres obtenus. La provenance des sérums a été, en général, la même que dans les deux cas précédents.

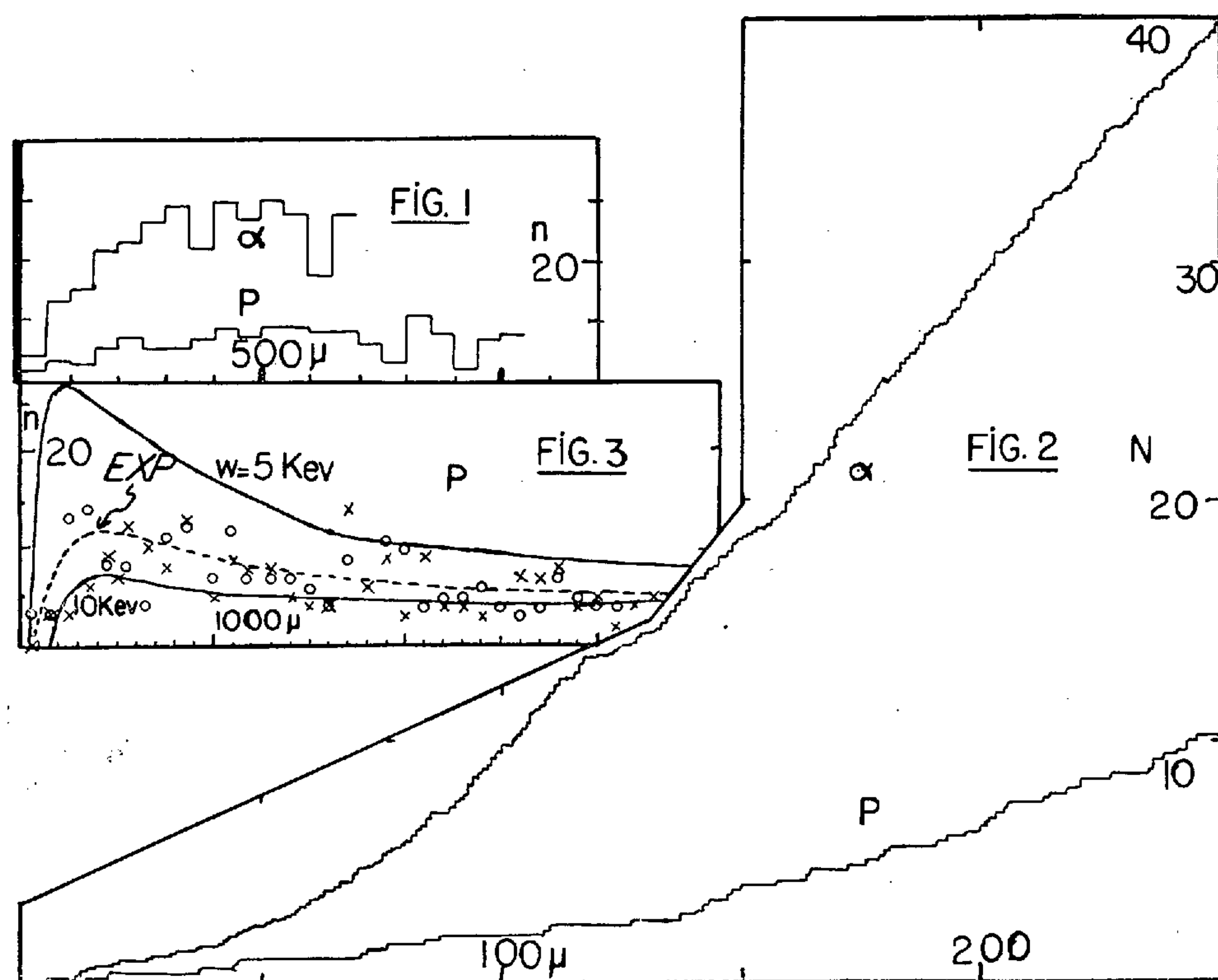
Étant donné que les bandes d'absorption des différents sérums semblent être les mêmes par leur position et que, d'autre part, il ne peut être question, à mon avis, de mesures quantitatives, ce procédé ne semble pas devoir conduire vers une méthode sélective, but de ce travail.

---

(1) HEINTZ, *Thèse*, Paris.

PHYSIQUE ATOMIQUE. — *Rayons δ de faible énergie dus aux rayons α et aux protons.* Note de M. **Pierre Demers** et M[lle] **Zofia Lechno Wasiutynska**, présentée par M. Jean Cabannes.

Un travail précédent ([1]) a montré la possibilité de reconnaître des rayons δ ayant une énergie de 5 keV le long de trajectoires enregistrées dans des émulsions spéciales à grain très fin préparées au laboratoire ([2]). L'énergie minimum nécessaire pour qu'un rayon δ soit clairement discernable dans l'émulsion G_5 est d'environ $w = 20$ keV, de sorte qu'avec $w = 5$ keV on devrait être capable de compter environ quatre fois plus de rayons δ le long des trajectoires de particules rapides, et l'on devrait aussi être capable d'en observer pour des particules deux fois moins rapides, de vitesse $\beta \geqq 0{,}07$ au lieu de $\beta \geqq 0{,}14$.



L'observation a vérifié ces prévisions, sur des traces d'origine cosmique identifiées selon leur opacité comme étant des rayons α ou des protons.

([1]) P. Demers, *Phys. Rev.*, 75, 1949, p. 1327; *Can. J. Res.*, A. 28, 1950, p. 628.
([2]) P. Demers, *Sc. Ind. Phot.*, 23, 1952, p. 1.

La figure 1 montre la variation du nombre n de rayons δ par 100 μ, avec le parcours. Selon la théorie, pour un même parcours, il doit exister un rapport égal à quatre entre les nombres n trouvés pour les rayons α et les protons. Ce même rapport doit exister pour le nombre total N trouvé à un même parcours, comme sur la figure 2. On voit que la théorie est très exactement vérifiée, à partir d'un parcours de 70 μ.

Le premier δ apparaît bien à une vitesse voisine de $\beta = 0{,}07$, à un parcours voisin de 48 μ. Pour dix trajectoires α de 250 μ, N vaut : 65, 50, 48, 48, 41, 34, 33, 29, 28, 20; pour cinq protons de même parcours : 15, 11, 11, 8, 6. On voit que le seul comptage des δ sur un parcours de 250 μ suffit pour distinguer α et proton. Sur un parcours égal à 100 μ, le procédé est encore utile surtout s'il est joint à l'observation de l'opacité (α : 22, 15, 11, 11, 10, 9, 8, 6, 5, 2; protons : 4, 3, 2, 1, 0).

La figure 3 obtenue pour deux protons de 3 000 μ, montre un maximum de n vers 500 μ. La comparaison avec les courbes théoriques tirées de la formule de Mott-Bradt-Peters (3), (4), suggère que l'efficacité d'observation des α augmente graduellement avec l'énergie, depuis 0 à 3 keV jusqu'à une valeur comparable à l'unité vers 10-20 keV.

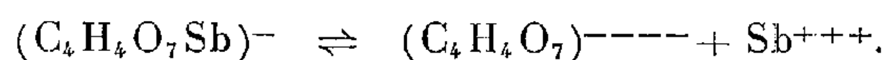
Ces mesures suggèrent que l'identification des rayons δ d'environ 5 keV a été faite correctement. A leur aide, on peut envisager la détermination des particules de faible parcours, de charge plus élevée.

Un article plus détaillé sera adressé au *Canadian Journal of Physics*.

CHIMIE PHYSIQUE. — *Activité et stabilité du complexe antimoniotartrate de potassium.* Note (*) de M. **Yves Doucet**, transmise par M. Eugène Darmois.

Des calculs de coefficients d'activité par cryométrie et par mesures de f. é. m. ont permis de déterminer les valeurs de la constante de dissociation du complexe imparfait que forme l'émétique en solution aqueuse. On trouve des nombres allant de 7.10^{-4} pour $m = 0{,}01$ à 3.10^{-10} pour $m = 0{,}1$.

Depuis les travaux de M. E. Darmois sur les complexes appelés par lui de « Biot-Gernez », *voir* par exemple (1) et (2), on considère l'émétique $C_4H_4O_7SbK\,1/2\,H_2O$ comme un complexe imparfait où l'ion Sb est plus ou moins dissimulé. Écrivons



$$(C_4H_4O_7Sb)^- \rightleftharpoons (C_4H_4O_7)^{----} + Sb^{+++}.$$

(3) N. F. Mott, *Proc. Roy. Soc.*, A. **124**, 1929, p. 425.
(4) H. Bradt et B. Peters, *Phys. Rev.*, **74**, 1948, p. 1828.

(*) Séance du 4 août 1952.
(1) E. Darmois, *Bull. Soc. Chim. Belg.*, 36, 1927, p. 64.
(2) G. Sutra, *Comptes rendus*, **225**, 1947, p. 872.

La loi d'action de masse donne

$$K = \frac{a_T . a_{Sb}}{a_{TSb}},$$

où T désigne le radical $C_4H_4O_7$ et a l'activité. La valeur de K renseigne sur la grandeur de la dissociation. C'est un nombre accessible à l'expérience. En effet, soit m la molarité en Sb du radical et γ le coefficient d'activité. On a

$$K = \frac{m\gamma_T . \gamma_{Sb}}{\gamma_{TSb}}.$$

La cryoscopie de l'émétique en solution très diluée a été faite par la méthode d'équilibre ([3]). Le résultat est que ce sel ne contient pas Sb_2O_3 et la formule brute ne doit pas être doublée. A l'aide des résultats expérimentaux, nous avons tracé la courbe $j = 1 - \theta/(3,76\,m)$. Elle montre que les solutions s'écartent très rapidement de l'idéalité. Pour $m < 7.10^{-3}$, j est une fonction linéaire de $\sqrt{m}$. Au delà, $j = 0,009\,m + 0,44$ fonction que nous avons extrapolée jusqu'à $m = 0,11$. Le calcul du coefficient moyen d'activité $\gamma_\pm$ par la méthode de Lewis donne les résultats ci-dessous :

$10^3\,m$.	0,3.	0,5.	1.	3.	5.	10.	20.	40.	60.	110.
$\gamma_\pm$...	0,72	0,54	0,38	0,13	7.10^{-2}	$3,3.10^{-2}$	$1,7.10^{-2}$	$7,8.10^{-3}$	5.10^{-3}	3.10^{-5}

Si l'on pose que l'activité du radical $(TSb)^-$ est celle de K^+, ces nombres ne sont autres que γ_{Sb}.

Pour atteindre les coefficients individuels des ions, il faut s'adresser à des mesures de f. é. m. La tension de l'électrode Sb/solution d'émétique, par rapport à l'électrode au calomel, est

$$-E = E_0 - \frac{RT}{3\mathcal{F}} \operatorname{Log} a_{Sb}.$$

Les mesures sont délicates. Pour qu'elles soient reproductibles, il faut prendre chaque fois une électrode neuve. L'agitation et la profondeur d'immersion de la tige d'antimoine doivent être constantes. L'équilibre n'est pas atteint tout de suite. La f. é. m., en fonction du temps, passe par un maximum que nous avons pris comme valeur de E. Au-dessous de $m = 0,01$ les mesures sont difficiles, au-dessus de $m = 0,11$ le sel n'est pratiquement plus soluble dans l'eau. Ci-dessous quelques résultats caractéristiques :

$10^2 m$............	1.	2.	4.	6.	11.
γ_{Sb}..............	5.10^{-2}	8.10^{-3}	8.10^{-4}	9.10^{-5}	3.10^{-6}

L'électrode d'antimoine n'étant pas nettement réversible, ces nombres demandaient un contrôle. A cet effet des piles de concentration ont été faites avec l'électrode ci-dessus et l'électrode Sb/solution aqueuse de fluorure d'antimoine

([3]) GIRARD et Mlle BARBOUX, *Comptes rendus*, 232, 1951, p. 962.

ayant même molarité en Sb. La jonction est constituée par un simple robinet sans liquide ou gelée intermédiaire. En négligeant la f. é. m. émétique/fluorure, on a

$$e = \frac{RT}{3\mathcal{F}} \operatorname{Log} \frac{\gamma'_{Sb}}{\gamma_{Sb}},$$

γ'_{Sb} étant le coefficient d'activité de l'ion Sb dans le fluorure. On trouve, avec les même difficultés expérimentales que précédemment, que e est une fonction linéaire légèrement croissante. Elle ne passe pas par l'origine sans doute à cause de la jonction émétique/fluorure, mais surtout par suite d'une dissymétrie dans l'état de surface des électrodes d'antimoine.

$10^2 m$	1.	2.	4.	6.	11.
$\frac{\gamma'_{Sb}}{\gamma_{Sb}}$	1,27	1,6	2,4	3,75	8,7

Ensuite le coefficient γ'_{Sb} a été calculé à partir de mesures de tension de l'électrode Sb/solution de fluorure, par rapport à celle au calomel. Il décroît très rapidement. Par exemple, 0,23 à 3.10^{-5} pour m augmentant de 0,005 à 0,10. Il se forme vraisemblablement un complexe qui expliquerait sa dissolution anormale. Cependant, les mesures sont plus stables et plus faciles que celles des précédentes piles. Les valeurs ainsi trouvées pour γ'_{Sb} jointes à celles de γ'_{Sb}/γ_{Sb} permettent une nouvelle détermination de γ_{Sb}, et confirment les mesures directes.

Admettons maintenant l'égalité $\gamma_T = \gamma_{Sb}$, la constante de dissociation s'écrit

$$K = m \frac{\gamma_{Sb}^2}{\gamma_{TSb}}.$$

Les valeurs qu'elle prend sont données dans le tableau ci-dessous :

$10^2 m$	1.	2.	4.	6.	11.
K	$7,5.10^{-4}$	$7,7.10^{-5}$	$2,1.10^{-6}$	$0,9.10^{-7}$	$3,4.10^{-10}$

Ce sont des nombres relativement grands, de l'ordre de ceux qu'on obtient avec le complexe imparfait $[Ag(NH_3)_2]^+$. Ils expliquent pourquoi c'est l'émétique qui forme le pôle + dans les piles de concentration : émétique, solution aqueuse/$SbCl_3$, solution chlorhydrique. L'ion Sb du chlorure est engagé dans un complexe plus stable que celui de l'émétique.

MÉTALLOGRAPHIE. — *Étude par irradiation à la pile atomique de la ségrégation intergranulaire et interdendritique des traces d'impuretés dans l'aluminium très pur.* Note (*) de MM. **Frédéric Montariol**, **Philippe Albert** et **Georges Chaudron**, présentée par M. Pierre Chevenard.

On sait que l'on peut observer la fusion des joints intergranulaires de

(*) Séance du 11 août 1952.

l'aluminium pur avant celle de la masse des cristaux qui constituent l'échantillon ([1]). Ce phénomène peut être attribué à l'imperfection de la structure des joints et également à une diffusion des impuretés vers ces imperfections pour une température voisine du point de fusion.

Nous avons donc irradié à la pile des échantillons qui présentaient des joints fondus et nous avons constaté par autoradiographie un enrichissement en impuretés sur les contours intergranulaires. Dans une précédente communication, nous avions déjà montré que la méthode par irradiation permet la mise en évidence et le dosage des traces dans l'aluminium très pur (ayant un titre conventionnel supérieur à 99,99) ([2]).

Nous avons étudié le même phénomène par introduction d'une trace de zinc radioactif dans l'aluminium très pur. Enfin, par ces deux méthodes, nous avons étudié la ségrégation dentritique dans ce même aluminium


Fig. 1.


Fig. 2.

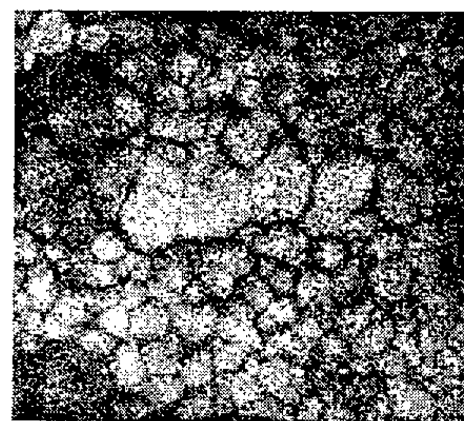

Fig. 3.

Fig. 1. — Autoradiographie d'un échantillon d'un aluminium 99,998 avec joints fondus et irradié à la pile. G = 4.

Fig. 2. — Micrographie de l'échantillon aluminium 99,998, même plage que dans la figure 1. G = 4.

Fig. 3. — Autoradiographie d'un aluminium contenant une addition de 0,002 % de zinc radioactif avec joints fondus. G = 5.

Nos échantillons sont constitués par des plaquettes rectangulaires de 15 × 100 mm et de 0,5 mm d'épaisseur. Elles sont chauffées sur une sole en alumine pure dans un four qui présente un gradient de température afin de permettre la fusion de l'une des extrémités de la plaquette, la plus grande partie restant dans l'état solide. Dans ces conditions, on observe sur l'éprouvette une zone assez grande où les joints intergranulaires sont fondus. Ensuite, les plaquettes sont nivelées rigoureusement par polissage mécanique, puis un polissage électrolytique permet d'éliminer la couche superficielle perturbée. Les éprouvettes irradiées à la pile sont

---

([1]) G. Chaudron, P. Lacombe et N. Yannaquis, *Comptes rendus*, 226, 1948, p. 1372.

([2]) Ph. Albert, M. Caron et G. Chaudron, *Comptes rendus*, 233, 1951, p. 1108.

appliquées sur des émulsions Kodak de type Kodirex, « 1357 » ou « Microfile ».

A titre d'exemple, nous indiquerons quelques-uns de nos résultats. La figure 1 est obtenue sur un aluminium de titre conventionnel 99,998 ([3]) sur lequel nous avons déjà effectué de nombreuses analyses ([2]). L'échantillon a été irradié à la pile atomique de Harwell : 120 h au facteur de pile 0,5. Dans une pile atomique plus faible (pile de Châtillon), nous avions obtenu des résultats tout à fait comparables, mais uniquement sur de l'aluminium 99,95. On voit donc qu'il y a accumulation d'impuretés radioactives aux joints des grains, même lorsqu'il s'agit d'un aluminium particulièrement pur. La figure 2 nous montre la micrographie ordinaire de la plage qui correspond à la figure 1.

La figure 3 est une autoradiographie d'un échantillon polycristallin d'aluminium dans lequel nous avons ajouté 0,002 % de zinc (^{65}Zn de période 250 jours). Ainsi, le titre final de l'alliage obtenu est de 99,994. Cette éprouvette a subi le traitement de fusion des joints et elle montre une ségrégation importante du zinc radioactif.

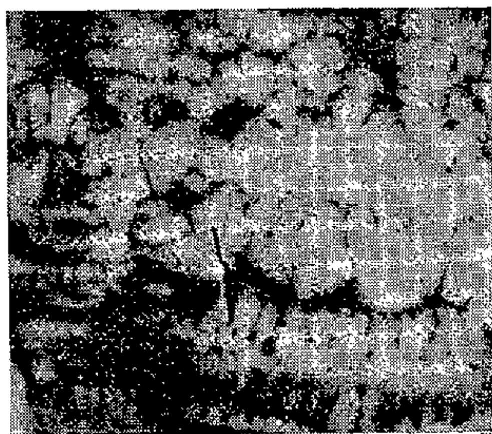


Fig. 4.



Fig. 5.

Fig. 4. — Autoradiographie de la structure dendritique d'un aluminium 99,998 fondu. Métal irradié à la pile. G = 5.

Fig. 5. — Autoradiographie d'un aluminium 99,998 fondu avec une addition de 0,002 % de zinc radioactif. G = 4.

Nous avons effectué la même expérience avec le ruthénium radioactif qui nous a montré le même phénomène de ségrégation.

D'autre part, la figure 4 nous montre la répartition des traces ultimes dans la structure dentritique de l'aluminium entièrement fondu (irradiation à la pile de Harwell).

La figure 5 nous montre la répartition également interdentritique, d'une trace de zinc radioactif. Il s'agit du même alliage que celui qui a été utilisé dans l'expérience qui correspond à la figure 3.

([3]) Échantillon qui a fait l'objet d'une préparation spéciale par M. Gadeau.

On peut dire que les deux méthodes que nous avons utilisées : irradiation à la pile ou introduction d'un isotope radioactif nous donnent des résultats en très bon accord. On remarquera que l'on peut suivre l'homogénéisation de ces métaux très purs par autoradiographie quantitative après différents temps de recuit. C'est une étude que nous poursuivons.

GÉOLOGIE. — *Sur les zones de Trilobites du Cambrien inférieur marocain.* Note de M. **Pierre Hupé**, présentée par M. Pierre Pruvost.

L'étude des faunes de Trilobites recueillies dans l'Anti-Atlas par MM. Bondon, Neltner, Choubert, Abadie et Bourgin, puis par moi-même au cours d'une récente mission, me conduit à distinguer plusieurs zones paléontologiques dans le Cambrien inférieur du Maroc.

La possibilité d'un tel « zoning » était d'ailleurs déjà établie à la suite des patientes et fructueuses récoltes faites en 1950 par Jean Abadie, niveau à niveau, sur la bordure méridionale de la plaine du Sous. Il restait à identifier paléontologiquement les fossiles ainsi recueillis, à les replacer dans le cadre des stratigraphies locales et à essayer de combler certaines lacunes qui existaient manifestement dans la série des niveaux repérés par Jean Abadie, en reprenant les recherches dans le Sous et en les étendant à des régions voisines, l'Issafène en particulier. C'est le résultat de ce travail, dont le Service géologique du Maroc avait bien voulu me charger, que je présente ici très succinctement. L'étude de détail, avec figuration des faunes, paraît en ce moment dans les Mémoires de ce Service. La difficulté principale résidait dans le fait que, la grande majorité des genres étant endémiques, l'échelle stratigraphique à établir n'avait pas d'équivalent précis dans les autres régions du Globe.

On observe, de bas en haut, les zones suivantes :

1° *Zone à Fallotia tazemmourtensis*, avec, en outre, *Fallotia plana Pararedlichia subtransversa*, *Pararedlichia pulchella*, *Pararedlichia rochi*, et *Bigotinops dangeardi*.

2° *Zone à Choubertella*, avec les espèces *C. spinosa*, *C. lata*, *C. crassioculata*.

3° *Zone à Daguinaspis et Resserops*, avec les espèces suivantes : *Daguinaspis ambroggii*, *Resserops falloti*, *Resserops uncioculatus*, *Resserops rudemmæ*, *Resserops brevilimbatus*; il s'y ajoute : *Marsaisia robauxi*, *Abadiella meteora*, *Neoredlichia latigena*, *Despujolsia rochi*, *Pruvostina nicklesi*.

La base de cette zone est caractérisée par *Fallotia longispina*; *Fallotia typica* apparaît à son sommet.

4° *Zone à Antatlasia*, avec les espèces *Antatlasia hollardi*, *A. bourgini*, et aussi *Hebediscus attleborensis*, forme de Comley et du New-Brunswick. A la base, on rencontre encore *Fallotia typica*, accompagnée dans l'Issa-

fène de *Pareops transitans*, forme intermédiaire entre *Resserops* de la troisième zone et *Saukianda* de la sixième.

5° *Zone à Bondonella et Neltneria*, avec les espèces *B. typica* et *N. jaqueti*. Le genre *Antatlasia*, très abondant dans la zone précédente, n'est ici que sporadique. On voit apparaître le genre *Pruvostinoïdes*, descendant de *Pruvostina*, le genre *Longianda*, avec l'espèce *L. minor*, et le genre *Strenuella*, avec *S. rasettii*.

6° *Zone à Longianda et Gigantopygus*, avec les espèces *L. richteri*, *G. papillatus*, *G. bondoni*, *G. angustalatus*, auxquelles s'ajoutent les genres *Saukianda*, déjà connu en Andalousie, *Pseudosaukianda* et l'espèce *Strenuella rasettii*. Cette zone, admirablement représentée dans l'Issafène, manque en bordure du Sous, où il lui correspond des couches azoïques de schistes scoriacés.

7° *Zone à Termierella*, représentée par des espèces différentes dans le Sous (*T. brevifrons*) et dans l'Issafène (*T. latifrons*, *T. longa*). Cette zone marque le début d'une sédimentation plus ou moins gréseuse et doit probablement à cette particularité le polymorphisme de sa faune. Dans le Sous, où elle n'a été observée jusqu'ici qu'à la base de la série gréseuse, on y observe *Parodiscus coloi*, *Micmacca* cf. *matthewi*, *Paratermierella elegans*, auxquels s'adjoint *Strenuella rasettii* déjà représentée dans la cinquième et la sixième zone. Dans l'Issafène, la zone à *Termierella* ne semble comporter que les espèces déjà citées (*T. latifrons* et *T. longa*); je n'ai pas pu retrouver les gisements de *Collyrolenus staminops* et *Hamatolenus continuus*, mais seulement des débris de ces espèces dans les éboulis; leur position exacte reste donc douteuse. C'est probablement vers ce même niveau que débute la « dalle à *Micmacca* » des auteurs marocains, avec les espèces *Kingaspis campbelli*, forme de la Mer Morte, *Kingaspis armatus*, *Kingaspidoïdes alatus*, *Kingaspidoïdes brevifrons*, *Cobboldia pulchra* et probablement *Micmacca*.

8° *Zone à Myopsolenus magnus*; son toit m'a fourni, à Amouslek dans le Sous, une espèce de la « dalle à *Micmacca* », *Kingaspis armatus*.

C'est à quelques décimètres au-dessus de cette huitième zone que débute, en parfaite continuité, le Cambrien moyen à *Paradoxides*.

GÉOLOGIE. — *Sur l'âge du « Calcaire des Vaux »* (Orne). Note (*) de MM. **Louis Dangeard** et **André Letullier**, transmise par M. Charles Jacob.

Découverte de fossiles du Dévonien inférieur dans un calcaire considéré jusqu'ici comme Silurien.

Dans la dépression de Tanville qui s'étend au centre du Synclinal de

(*) Séance du 11 août 1952.

Sées, on a signalé depuis longtemps l'existence d'une lentille de marbre noir intercalée dans une masse schisteuse : c'est le « Calcaire des Vaux », attribué tantôt au Gothlandien (¹), tantôt à l'Ordivicien supérieur (²), et dans lequel on n'avait trouvé jusqu'ici que des débris d'Echinodermes (³).

Une ancienne carrière, couverte de broussailles, permet encore d'accéder au gisement : les bancs calcaires ont un pendage d'environ 40°, ils contiennent une intercalation de grès noduleux et micacé.

Ayant constaté la présence de fragments de Trilobites, nous avons recueilli de gros blocs qui ont été débités systématiquement au laboratoire. Plusieurs faciès de calcaires y sont représentés, en particulier un calcaire crinoïdique à grain grossier et un calcaire plus fin à débris de Crinoïdes, de Bryozoaires et de Polypiers. L'abondance de ces débris, bien visibles en surface polie, rappelle celle des calcaires dévoniens de Baubigny (Manche).

Les gros fossiles appartiennent principalement aux Trilobites, aux Brachiopodes, aux Gastropodes et aux Lamellibranches. Nous avons reconnu : *Acaste Rouaulti* de Tr. et Leb. (têtes et pygidiums), *Atrypa reticularis* Linné, *Dalmanella*, *Stropheodonta*. Plusieurs échantillons paraissent se rapporter à des calices de Cystidés.

Ces observations permettent d'attribuer avec certitude ce calcaire au niveau des Calcaires à *Athyris undata* (Dévonien inférieur). Il existe d'ailleurs au voisinage, entre La Ferrière-Béchet et Saint-Hilaire-le-Gérard, des lambeaux de grès grauwacqueux à *Orthis Monnieri* et *Pleurodyctium* indiqués sur la carte géologique, qui représentent le niveau immédiatement inférieur.

C'est la première fois que des calcaires dévoniens sont signalés dans la région comprise entre le Cotentin (Néhou, Baubigny, Portbail) et le bassin de Laval (Saint-Germain-le-Rouilloux, Saint-Jean-sur-Mayenne, Loué).

GÉOLOGIE. — *L'Éocène marin de la vallée du Sous* (Sud Marocain). Note (*) de M. **Robert Ambroggi**, transmise par M. Paul Fallot.

Sur le versant atlasique de la vallée du Sous, l'Éocène marin a été signalé par E. Roch (¹) dans le bassin des Aït Abbès, entre Agadir et l'Oued Issen, et par L. Neltner (²) dans la région des Mentaga, entre l'Oued

(¹) J. Hommey et M. Langlais, *Carte agronomique du Canton de Sées*, 1899.
(²) A. Bigot, *Feuille* 62, *Alençon*, 2ᵉ édition, 1924.
(³) *Idem.*, *La Basse-Normandie*, *Caen*, 1942, p. 18.

(*) Séance du 4 août 1952.
(¹) *Notes et Mémoires. Service Mines et Carte Géologique Maroc*, 9, 1930, p. 468.
(²) *Ibid.*, 42, 1938, p. 207-211.

Issen et l'Oued Talekjount. Dans la région orientale, entre l'Oued Talekjount et Aoullouz, mention n'en fut jamais faite.

Entre Agadir et Ameskhoud, aucun affleurement ne m'a encore fourni la preuve paléontologique de l'existence de l'Éocène. Tout au plus ai-je recueilli dans les séries marines les plus élevées, *O. Nicasei*, *Baculites* cf. *anceps*, des écailles de poissons et des dents de *Pycnodus*. Ces fossiles sont contenus dans des grès jaunâtres reposant sur des séries blanches à grosses concrétions calcaires. E. Roch avait assimilé, sans conviction, les grès jaunâtres à l'Éocène et les séries blanches au Maestrichtien. En fait, la faune recueillie classe ces deux niveaux dans le Maestrichtien. Dans toute cette région, ces formations sont surmontées, en discordance, par le Pliocène marin.

Entre l'Oued Issen et l'Oued Talekjount, les vallées d'Ida ou Merouane, Erguita, Tamaloukt et Afensou recoupent des sédiments phosphatés maestrichtiens et éocènes ([3]) dont le faciès caractéristique de la mer des phosphates est particulièrement représenté par le Maestrichtien, tandis que l'Éocène inférieur ne contient plus que quelques lits sableux à dents de poissons rappelant le régime phosphaté. Au Lutétien, les conditions de sédimentation sont entièrement modifiées : les sédiments phosphatés et leur faune ont disparu, les huîtres (*O. strictiplicata*) et les nautiles abondent; des niveaux d'argiles et de grès rouges lagunaires apparaissent, puis se développent vers le sommet de la série lutétienne, encore identifiable grâce à de petits niveaux de calcaires détritiques interstratifiés et contenant *O. multicostata* associée à une faune saumâtre. Des grès rouges stériles (100 m) surmontent les derniers niveaux marins et pourraient être rapportés à l'Éocène supérieur.

En se déplaçant vers l'Est jusqu'à l'Oued Talekjount, l'on observe la disparition progressive des niveaux marins; les niveaux phosphatés disparaissent les premiers et sont remplacés par des faciès sableux, gréseux ou argileux rouges ou roses; les niveaux calcaires ou marno-calcaires à huîtres disparaissent les derniers, mais le calcaire devient très siliceux : on en trouve encore dans l'Oued N'Kheila où les *O. multicostata* et les nautiles sont devenus rares, mais où l'on note par contre la présence d'oursins très voisins de *Hemiaster Despujolsi*. A l'Oued Talekjount, les faunes ont disparu, bien que le niveau soit encore repérable; un faciès calcaire y existe mais les éléments détritiques y abondent; il présente alors les caractères d'un calcaire lacustre.

Enfin, entre l'Oued Talekjount et l'Aoullouz, le Maestrichtien et l'Éocène n'apparaissent plus que sous un faciès argileux rouge brique ou gréseux

([3]) *Comptes rendus*, 232, 1951, p. 170.

rose, coupé de rares barres de conglomérats ou de calcaire lacustre siliceux, sans fossiles.

Il est donc possible maintenant de préciser les limites de la mer du Nummulitique inférieur dans la vallée du Sous, sauf à l'Ouest où en l'absence totale de sédiments entre le Crétacé supérieur et le Pliocène (⁴) il sera difficile de définir la paléogéographie éocène. Au Sud, le rivage de la mer se situait à la bordure septentrionale de la vallée du Sous. A l'Est, la mer ne dépassait pas le méridien de l'Oued Talekjount, tandis qu'au Nord la communication existait par delà le Haut-Atlas actuel, avec la mer éocène du Haouz.

On peut désormais avancer que la communication directe entre le Sous et la vallée d'Ouarzazate par Aoullouz et l'Imini a cessé de fonctionner dès le Maestrichtien probablement, et certainement à partir de l'Éocène.

GÉOLOGIE. — *Sur la paléogéographie de l'Éocène de la bordure Sud-Atlasique.* Note (*) de MM. **Henri Gauthier** et **Henri Salvan**, transmise par M. Paul Fallot.

Au Sénonien, un régime marin franc existe sur la bordure méridionale du Haut-Atlas, depuis le Sous jusqu'au moins au méridien d'Ouarzazate où l'on trouve encore la trace d'ingressions marines (¹), (²). Dès le Maestrichtien, l'existence, dans le Sous, de faciès marins bien caractérisés (³) s'opposant à des faciès laguno-continentaux ou de mer résiduelle dans le bassin du Dadès, semble indiquer que les communications entre ces régions sont réduites ou nulles.

R. Ambroggi a montré récemment (⁴), (⁵) que dans le Sous il y a, d'une part, continuité de sédimentation entre Maestrichtien et Éocène et que, d'autre part, la réduction vers l'Est des faciès marins éocènes, progressivement remplacés par des faciès continentaux, empêche d'envisager, à cette époque, une communication avec le bassin du Dadès. La région du Siroua représente le seuil séparant les deux zones.

Dans le Dadès, la présence de faunes d'eau douce à *Pseudoceratodes* et *Ampullaria* (⁶) indique le caractère sporadique du régime marin entre le Sénonien et l'Éocène.

(⁴) L'absence d'Éocène n'implique nullement qu'il ne s'y soit jamais déposé.

(*) Séance du 4 août 1952.
(¹) G. Choubert et H. Salvan, *Notes et Mém. Serv. Géol. Maroc*, n° 74, 1950, p. 13-50.
(²) H. Gauthier, *Comptes rendus*, 234, 1952, p. 859.
(³) R. Ambroggi et E. Basse de Menerval, *Comptes rendus*, 232, 1950, p. 449.
(⁴) R. Ambroggi et C. Arambourg, *Comptes rendus*, 232, 1951, p. 170.
(⁵) R. Ambroggi, *Comptes rendus*, 235, 1952, p. 482.
(⁶) H. Gauthier, *Comptes rendus*, 234, 1952, p. 644.

Dès le Paléocène, la mer envahit à nouveau la région, dépassant largement à l'Est le méridien de Tinrhir. Par contre, les faciès phosphatés réduits qui l'accompagnent se localisent géographiquement dans la zone des Khelas éocènes, et ne dépassent que de très peu le méridien d'Ouarzazate. Cette disparition du phosphate vers l'Est s'accompagne de profondes modifications dans les faunes d'invertébrés. Tandis que dans la région de Tamdakht les Gastéropodes représentent l'élément prédominant de la faune, tant par le nombre d'individus que par celui des espèces, au moins dans les dalles calcaires, dans la région orientale, les huîtres et les Echinides deviennent prépondérants dans tous les niveaux et forment la seule base d'une stratigraphie locale. La disparition des Thersitées en même temps que celle des faciès phosphatés, souligne une fois de plus la liaison énigmatique constamment observée entre la présence de phosphate et ces curieux Gastéropodes.

La communication avec le Sous ne pouvant être envisagée comme on l'a vu plus haut, on est amené à la rechercher à l'Est du massif ancien du Haut-Atlas. Sur la bordure Nord-Atlasique, aux environs de Ouanina (40 km au Sud-Est de Marrakech), J. Villemur a signalé en 1951 (7) une faune renfermant très exactement les mêmes espèces que celles signalées par L. Moret à Tamdakht.

Plusieurs courses sur le terrain nous ont permis de constater la parfaite identité des faciès entre cette partie de la bordure Nord-Atlasique et la région des Khelas de Tamdakht.

La rigoureuse similitude des faciès et des faunes ne laisse aucun doute sur les relations existant à l'Éocène, jusqu'au Lutétien supérieur compris, entre les bordures Nord et Sud-Atlasiques, la communication se situant approximativement dans la région du Tizi n'Tichka qui, à cette époque, représentait un point bas de la future chaîne.

CHIMIE BIOLOGIQUE. — *Étude comparée du développement biochimique du cerveau chez quelques espèces de Mammifères.* Note (*) de MM. **Paul Mandel** et **Robert Bieth**, présentée par M. Maurice Javillier.

Dans un travail antérieur (1) nous avons montré que l'évolution de la quantité absolue de l'acide désoxypentose-nucléique (A. D. N.) du cerveau permet de fixer le terme de croissance de cet organe à l'échelle cellulaire. En effet, l'A. D. N. étant un constituant essentiel et constant du chro-

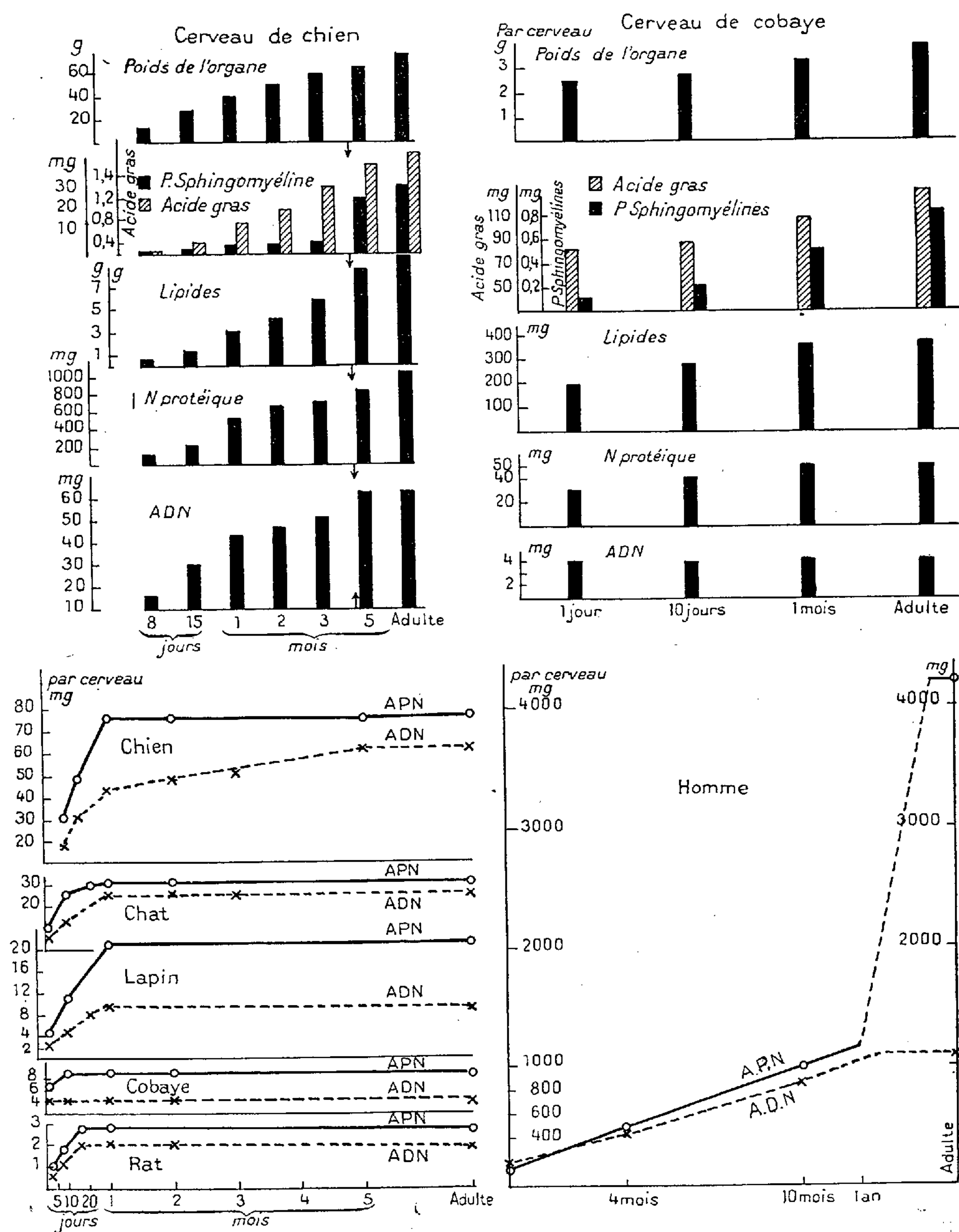
---

(7) J. Villemur, *Dipl. Études sup. Fac. Sciences Paris*, 1951.

(*) Séance du 4 août 1952.

(1) P. Mandel et R. Bieth, *Experientia*, 7, 1951, p. 343.

mosome, on ne saurait concevoir l'accroissement de la masse chromosomique telle qu'elle intervient au cours de la multiplication nucléaire sans



augmentation parallèle de l'A. D. N. De même l'arrêt de l'accroissement de l'A. D. N. d'un organe marque la fin de la multiplication de ses noyaux. Dans ces conditions, il est possible de comparer chez divers mammifères

d'une part l'âge auquel s'arrête la croissance à l'échelle cellulaire, d'autre part l'état de l'évolution biochimique du cerveau à ce moment critique.

Nos essais ont porté sur 194 rats, 15 cobayes, 15 lapins, 11 chats et 12 chiens. Nous avons également étudié 4 cerveaux humains. Les techniques employées ont été celles de nos recherches antérieures (2), (3). Le graphique ci-joint résume quelques-uns de nos résultats.

L'examen du tableau montre que le Cobaye possède déjà la quantité d'A. D. N. du cerveau adulte le jour de sa naissance, en accord avec les données rapportées par Flexner et Flexner concernant le développement du cortex cérébral du fœtus (4). Il y a donc tout lieu d'admettre que chez le Cobaye la croissance du cerveau, à l'échelle cellulaire, est terminée dès la naissance, alors que chez le Rat elle est terminée à 16 jours, chez le Lapin et le Chat à 1 mois et chez le Chien seulement à 5 mois. Chez l'Homme, il nous est encore impossible de fixer la date exacte du terme de la croissance à l'échelle cellulaire, vu le nombre limité de déterminations. Mais une extrapolation qui nous semble permise, conduit à penser qu'à un âge proche de 1 an, les divisions cellulaires sont terminées. Les données concernant les divers constituants du cerveau nous apprennent que les protéines, les lipides et surtout les phosphatides continuent à s'accroître pendant une durée plus ou moins longue et variable d'une espèce à l'autre après le terme de la multiplication cellulaire. En particulier la sphyngomyéline, qui existe seulement à l'état de traces chez le Rat et en quantité importante chez le Chien au moment où l'A. D. N. atteint son maximum, continue encore à s'accroître notablement dans la suite. L'acide pentosenucléique (A. P. N.) termine sa croissance en même temps que l'A. D. N. chez le Rat, le Lapin et le Chat et un peu plus tard chez le Cobaye. Il semble que chez l'Homme, au moment où la croissance cellulaire est terminée, la quantité d'A. P. N. est encore faible par rapport à celle du cerveau adulte.

En somme, la comparaison de l'état d'évolution biochimique du cerveau au moment où se termine sa croissance à l'échelle cellulaire nous révèle des rythmes de croissance qui diffèrent d'une espèce à une autre à l'intérieur du groupe des Mammifères. Nous nous proposons de confronter ultérieurement ces données biochimiques avec des observations d'ordre morphologiques et fonctionnel.

La séance est levée à 15 h 25 m.

L. B.

---

(2) P. MANDEL, R. BIETH et R. STOLL, *Bull. Soc. Chim. Biol.*, 31, 1949, p. 1335.

(3) R. BIETH et P. MANDEL, *Bull. Soc. Chim. Biol.*, 32, 1950, p. 109.

(4) J. B. FLEXNER et L. B. FLEXNER, *J. Cell. Comp. Physiol.*. 38, 1951, p. 1.

ERRATA

(*Comptes rendus* des 30 juillet 1951 et 4 juin 1952.)

Notes présentées les 16 juillet 1951 et 4 juin 1952, de MM. *Maurice Rose* et *Jean Cachon*, la 1re : *Diplomorpha paradoxa*, n. g., n. sp. Protiste de l'ectoderme des Siphonophores; la 2e : L'émission des bras chez *Diplomorpha paradoxa* Rose et Cachon; Protite parasite des Siphonophores :

Diplomorpha, nom générique donné par MM. Maurice ROSE et Jean CACHON à un Protiste nouveau (*Comptes rendus*, **233**, 1951, p. 451-452 et **234**, 1952, p. 2306-2308) étant déjà utilisé depuis 1884 pour un Mollusque (ANCEY, *Natural Sicil.*, **3**, p. 344) doit être remplacé par un *nomen novum*, selon les règles internationales de nomenclature en Zoologie. Nous proposons le nom générique nouveau *Cachonella*, pour le Protiste en question, qui s'appelle ainsi *Cachonella paradoxa* M. Rose et J. Cachon.

ACADÉMIE DES SCIENCES.

SÉANCE DU LUNDI 25 AOÛT 1952.

PRÉSIDENCE DE M. GASTON JULIA.

CORRESPONDANCE.

M. le SECRÉTAIRE PERPÉTUEL signale parmi les pièces imprimées de la Correspondance :

XIII[e] Congrès international de médecine et de pharmacie militaires, Paris (17-23 juin 1951). Tome II. *Compte rendu général. Discussion des rapports. Communications.*

M. JULES BAILLAUD prie l'Académie de bien vouloir le compter au nombre des candidats à la place vacante, dans la Section d'astronomie, par la mort de M. *Bernard Lyot.*

CALCUL DES PROBABILITÉS. — *Sur une classe de lois de probabilité indécomposables.* Note de M. **PAUL LÉVY**, présentée par M. Louis de Broglie.

1. H. Cramer [1] a posé le problème suivant : *en se bornant au cas des variables aléatoires bornées (v. a. b.), existe-t-il des lois qui soient à la fois absolument continues* [donc définissables par leurs densités de probabilité $f(x)$], *et indécomposables ?*

La réponse est affirmative. L'exemple le plus simple est sans doute le suivant : on se donne deux intervalles i_1 et i_2, de longueurs l_1 et l_2 inférieures à la distance qui les sépare, et deux constantes positives c_1 et c_2 telles que $c_1 l_1 + c_2 l_2 = 1$. *Si alors l_2/l_1 est irrationnel* (condition nécessaire et suffisante), *la loi définie par $f(x) = c_h$ dans $i_h (h = 1, 2)$ et $f(x) = 0$ ailleurs est indécomposable.*

Les remarques qui suivent montrent que ce n'est là qu'un exemple très particulier d'une famille étendue de lois vérifiant les conditions de Cramér.

---

(1) H. CRAMER, *Problems in probability theory* (*Ann. of math. Statistics*, 18, 1947, p. 165-193; *voir* p. 171).

2. Nous utiliserons un lemme important, qu'on peut énoncer d'une manière peu précise en disant que : *deux lois données sont en général premières entre elles.*

Pour préciser, *nous nous bornerons au cas des v. a. b.*; les fonctions caractéristiques (f. c.) $\varphi_1(z)$ et $\varphi_2(z)$ sont alors des fonctions entières d'ordre 1, et si elles ont un facteur commun $\varphi(z)$ [c'est-à-dire si $\varphi(z)$, $\varphi_1(z)/\varphi(z)$ et $\varphi_2(z)/\varphi(z)$ sont des f. c.], qui ne soit pas de la forme $e^{\mu i z}$, ce facteur est aussi une fonction entière d'ordre 1, nécessairement de la forme

$$\varphi(z) = \prod_1^\infty \left(1 - \frac{z}{a_n}\right) e^{\frac{z}{a_n}},$$

du moins en négligeant éventuellement un facteur de la forme $e^{\mu i z}$ (qui joue ici un rôle d'unité, puisqu'il divise n'importe quelle f. c.).

Les a_n sont alors des racines de $\varphi_1(z)$ et $\varphi_2(z)$. Donc : pour que ces fonctions aient un facteur commun, il faut qu'elles aient une infinité de racines communes, a'_n, et que $\Sigma(1/a'_n) = \infty$. La suite des a_n sera tout ou partie de la suite des a'_n.

Si l'on introduit un paramètre λ, en considérant les fonctions $\varphi_1(z)$ et $\varphi_2(\lambda z)$, on voit que ces f. c. sont sans facteur commun, sauf peut-être pour au plus une infinité dénombrable de valeurs de λ (2). En particulier : *dans le cas de deux répartitions uniformes dans des intervalles de longueurs l_1 et l_2, la condition nécessaire et suffisante pour que ces deux lois soient sans diviseur commun est que l_2/l_1 soit irrationnel.*

3. Soit une v. a. $Z = X + Y$, X et Y étant indépendants. Posons

$$X = x + \xi, \qquad Y = y + \eta, \qquad Z = z + \zeta,$$

x, y, z désignant les parties entières de X, Y, Z. On peut définir la loi $\mathcal{L}$ dont dépend Z en se donnant la loi $\mathcal{L}'$ de z, et, pour chaque valeur possible p de z, la loi conditionnelle $\mathcal{L}_p$ dont dépend ζ si $z = p$. Nous ferons les hypothèses suivantes :

a. Les valeurs possibles de z sont toutes paires.

b. La loi $\mathcal{L}'$ est indécomposable (ce qui est toujours le cas s'il n'y a que deux valeurs possibles).

c. Les lois $\mathcal{L}_p$ sont, dans leur ensemble, sans diviseur commun.

d. (Hypothèse non essentielle, mais qui simplifie le raisonnement). On a $\Pr(Z < 0) = 0$, et $\Pr(Z < \varepsilon) > 0$ quel que soit $\varepsilon > 0$ (zéro est donc une valeur *possible* pour Z). On peut alors supposer qu'il en est de même pour X et Y.

---

(2) On peut même dire, en un sens que nous ne pouvons pas préciser ici, que le cas général est celui où ces valeurs exceptionnelles de λ n'existent pas.

Dans ces conditions, les valeurs possibles de X et celles de Y sont toutes des valeurs possibles de Z; donc x et y sont, comme z, toujours pairs, et par suite

$$z = x + y, \qquad \zeta = \xi + \eta.$$

D'après b, un des termes x et y est un nombre certain, donc nul (puisque zéro est une valeur possible). Supposons que ce soit x. Alors $X = \xi$, et $\zeta = X + \eta$, les deux termes étant indépendants quel que soit $z = y$ supposé connu. Donc la loi de X divise toutes les lois $\mathcal{L}_p$. D'après c, cela est impossible, sauf bien entendu si X n'est pas aléatoire. C'est donc que : *la loi $\mathcal{L}$ est indécomposable.*

Si alors z est borné, et si les lois $\mathcal{L}_p$ sont absolument continues (ce qui, d'après le n° 2, est possible), toutes les conditions de Cramér sont réalisées.

Cet exemple, généralisé par une substitution linéaire sur Z, comprend comme cas particulier celui du n° 1. Il n'est sans doute pas le plus général possible. Mais une condition nécessaire pour qu'une loi absolument continue soit indécomposable est *peut-être* qu'il existe au moins deux intervalles où $f(x)$ est au moins égal à deux constantes positives c_1 et c_2, et, entre eux, au moins un intervalle où $f(x) \leqq c$, c étant une fonction positive de c_1, c_2, et des longueurs des intervalles considérés.

OPTIQUE ASTRONOMIQUE. — *Application d'une déformation thermique intentionnelle à l'exécution d'une surface parabolique.* Note de M. **André Couder**, présentée par M. André Danjon.

Dans une Note du 6 décembre 1950, j'ai indiqué que les déformations subies par un miroir de télescope par suite de l'abaissement de la température au cours d'une nuit claire, peuvent être aisément corrigées par un très faible apport de chaleur convenablement localisé. J'ai précisé que le dispositif décrit permet d'obtenir à volonté des changements réguliers de forme beaucoup plus grands que ceux qui suffisent à corriger le défaut thermique observé habituellement. Tandis qu'une puissance de quelques watts peut ramener à la forme parabolique le miroir qui apparaît légèrement hyperbolique dans les conditions ordinaires de l'observation, l'accroissement de la puissance dissipée dans les enroulements chauffants permet de faire apparaître une forte sous-correction et même de ramener le miroir à la forme sphérique avec un degré de régularité et de précision suffisant. Cette remarque m'a paru ouvrir une perspective intéressante pour l'exécution, à l'atelier, de la surface parabolique des grands miroirs de télescope.

1. Le frottement d'un polissoir rigide engendre naturellement une surface sensiblement sphérique. L'abaissement du bord, qui caractérise le paraboloïde comparé à sa sphère osculatrice, est d'ordinaire obtenu par les effets conjugués

d'un mouvement relatif très ample et de la flexibilité de l'outil, puis, à la fin du travail, par l'action locale de polissoirs de petites dimensions : l'opération est laborieuse et le résultat incertain. Pour tourner la difficulté, on peut se proposer d'exécuter une surface sphérique sur un disque de verre actuellement soumis à des contraintes telles que leur relaxation ultérieure fasse apparaître la forme parabolique cherchée. B. Schmidt a réalisé vers 1930 ses lames asphériques en recourant à une contrainte purement mécanique; en donnant ici même en 1940 la théorie de ce procédé, j'ai montré numériquement qu'il ne peut s'appliquer qu'à des disques de verre très minces; d'ailleurs la déformation la moins malaisée à produire est de sens opposé à celle qui convient ici. En conséquence, ce sont seulement les déformations résultant de la création d'un gradient de température qui peuvent rendre l'artifice valable pour un miroir de télescope épais et rigide.

2. Le laboratoire d'optique de l'Observatoire de Paris ayant reçu la tâche de tailler pour l'Observatoire de Haute-Provence un miroir de 120 cm de diamètre et de 720 cm de longueur focale, j'ai tenté de le mettre en forme suivant le principe indiqué ci-dessus. Après un polissage préliminaire, la forme de la surface obtenue a été soigneusement déterminée par la méthode de Foucault. Ensuite on a appliqué au dos du miroir, placé en position d'examen, des résistances chauffantes analogues à celles que j'ai décrites précédemment, et l'on a cherché par l'expérience une disposition et un régime tels que la déformation thermique observée, par rapport à la forme initiale, soit précisément opposée à la différence en chaque point des ordonnées du paraboloïde comparé à une certaine sphère de référence. L'état d'équilibre caractéristique d'un régime donné est atteint suivant une fonction exponentielle du temps; ici, la moitié de la déformation est acquise en 40 mn. Cela fait, le dispositif chauffant et le miroir ont été placés dans la même position relative sur la machine à polir. Le disque étant soumis depuis 17 h au régime de chauffage précédemment défini, sa surface a reçu un polissage prolongé pendant 5 h. L'examen consécutif a montré l'efficacité de la méthode et conduit à modifier la marche suivie : la puissance de chauffage a été un peu réduite, et l'on a renoncé à prétendre opérer près de l'état d'équilibre; en effet, la viscosité de la poix à polir permet de travailler en régime variable.

3. Voici le mode opératoire finalement adopté. Une résistance chauffante A recouvrait une zone du dos du miroir de rayon intérieur 47 cm et de rayon extérieur 58 cm; une résistance B était enroulée au fond de la gorge creusée sur la tranche du disque vers le milieu de son épaisseur; celle-ci vaut 18 cm. Le chauffage était établi 1 h avant le début du travail, pendant le pressage préliminaire de l'outil, les résistances A et B dissipant respectivement 28,7 et 12,0 W; le polissage durait 4 h.

Le miroir étant, au départ, à peu près sphérique, les examens faits à la suite des trois premières reprises ont montré des formes ellipsoïdales assez

régulières d'excentricités croissantes, avec une tendance à la formation d'une dépression centrale qu'on a combattue en dégarnissant le centre de l'outil. Le quatrième essai, confirmé par la méthode de Hartmann, a montré que la surface s'écartait seulement de 1:6 de frange d'un paraboloïde parfait (extrême bord relevé). Ce résultat paraîtra assez remarquable si l'on note que l'écart du paraboloïde à la sphère osculatrice vaut ici 5,4 μ soit 19 franges. Il m'avait fallu 28 reprises pour obtenir le même résultat par les moyens classiques sur un miroir identique taillé en 1931. Une dernière retouche locale eût été facile, mais j'ai renoncé à la donner; en effet, l'action retenue d'un petit polissoir crée toujours de menus accidents à structure fine qui diffusent la lumière; d'autre part, le défaut résiduel, inférieur à la limite de Rayleigh, est de sens opposé à la déformation thermique qu'on peut s'attendre à observer sur le télescope en service.

RADIOÉLECTRICITÉ. — *Oscillations d'un magnétron sans fente liées à l'amplification par ondes de charge d'espace.* Note (*) de MM. **Robert Warnecke**, **Harry Huber**, **Pierre Guénard** et **Oskar Doehler**, présentée par M. Camille Gutton.

L'existence d'ondes de charge d'espace amplifiées dans un faisceau électronique se déplaçant dans des champs électrique et magnétique croisés, suggère la production d'oscillations lorsque le faisceau électronique se ferme sur lui-même, comme c'est le cas dans un magnétron usuel. Ces oscillations pourront apparaître pour des fréquences telles qu'un électron de vitesse moyenne fasse le tour de l'espace d'interaction en un nombre entier k de périodes. Pour un magnétron dont l'anode a un rayon r_a et auquel est appliquée une tension V_0 et un champ magnétique B, la condition précédente s'écrit :

$$F = 32k\frac{V_0}{Br_a^2}, \qquad (1)$$

où F est exprimé en Mc/s, V_0 en volts, B en gauss et r_a en centimètres.

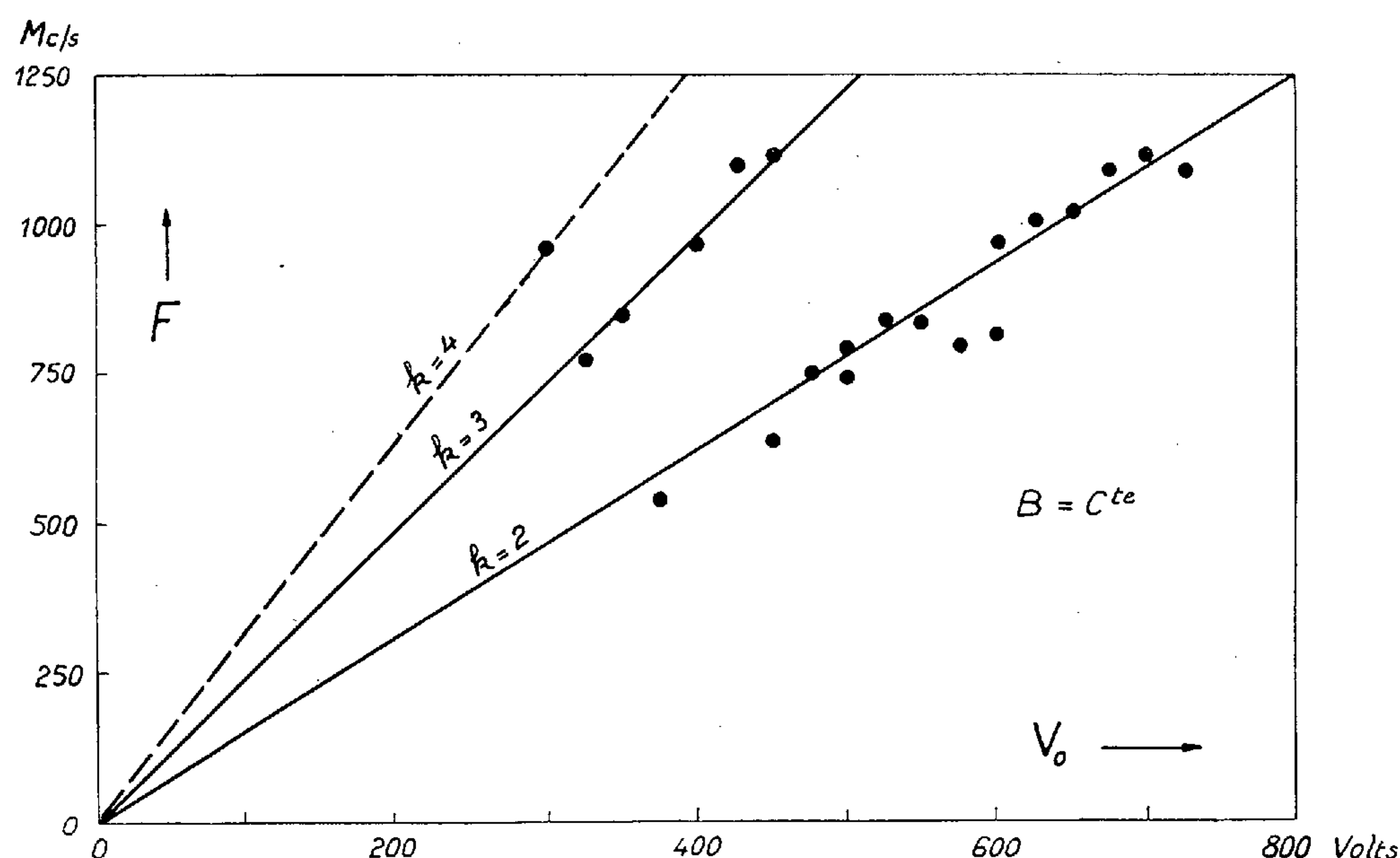
Ce résultat a été vérifié expérimentalement sur de petits magnétrons à anode pleine. La figure 1 donne un exemple des résultats obtenus où les ordres $k = 2$, 3, 4 ont été mis en évidence. De telles oscillations avaient déjà été observées [1] sans qu'une explication satisfaisante en ait été donnée. L'examen de ces résultats antérieurs montre qu'ils satisfont à la relation (1) avec $k = 3$.

Les dites expériences indiquent que le mécanisme d'amplification par ondes de charge d'espace dans des champs électrique et magnétique croisés peut

(*) Séance du 11 août 1952.

[1] O. Doehler et G. Luders, *Hochfrequenztechnik und Elektroakustik*, 58, 1941, p. 29-32.

être appliqué, non seulement à la réalisation de tubes amplificateurs ([2]) ou mélangeurs, mais encore à la réalisation de tubes oscillateurs caractérisés par le fait que la fréquence d'oscillation peut être changée, dans de larges limites,



par une simple modification de la tension anodique. Avec un tel « diocotron » oscillateur, les auteurs ont par exemple obtenu une puissance d'une cinquantaine de milliwatts sur une bande de fréquences dépassant un octave autour de 800 Mc/s.

ÉLECTRONIQUE. — *Nouveau dispositif bistable à grande vitesse et à combinaisons multiples.* Note (*) de M. **Yves Druet**, présentée par M. Camille Gutton.

Ce basculeur très stable et très rapide est caractérisé par le mode de couplage aux circuits d'utilisation.

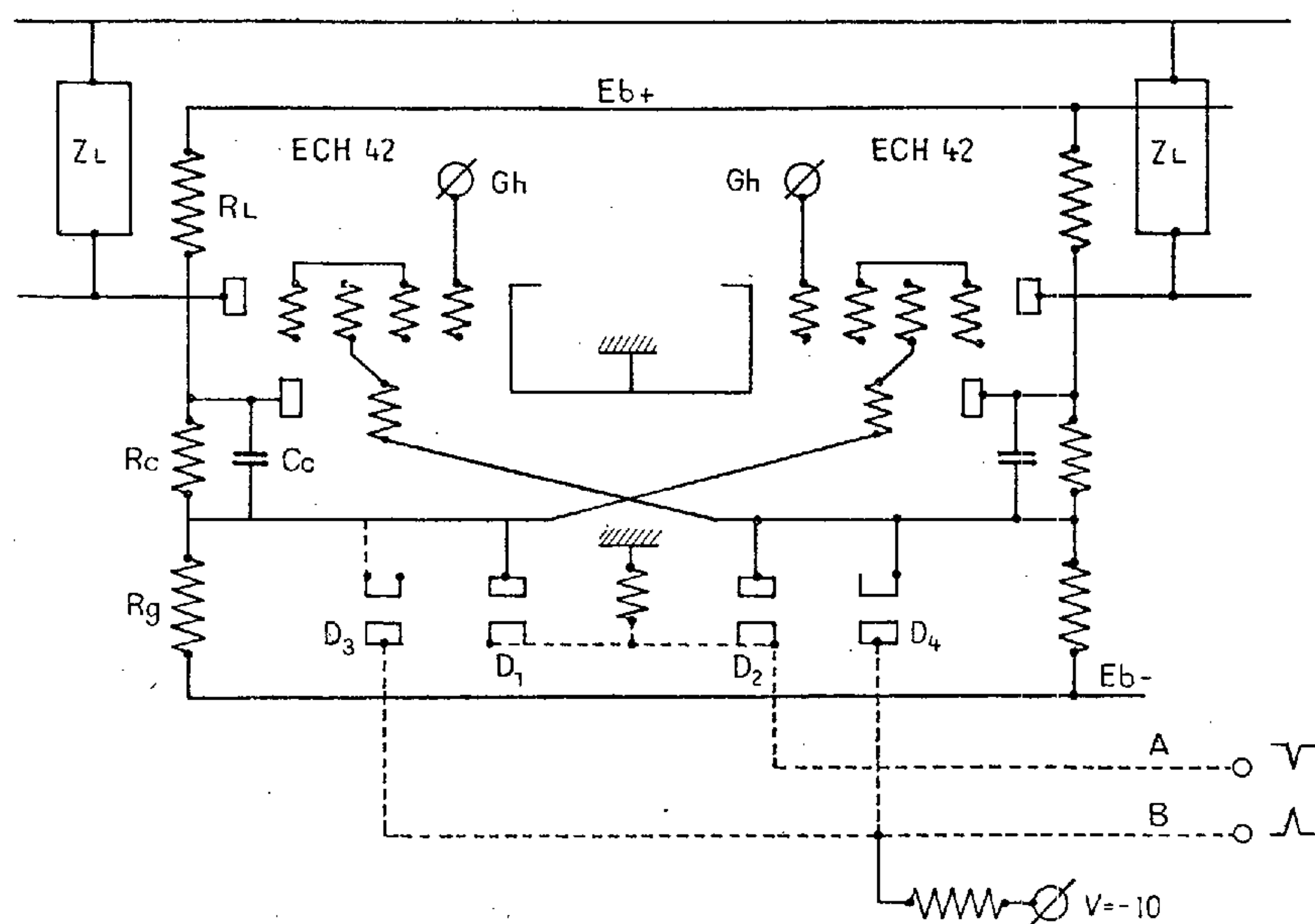
Les parties triodes de deux tubes triode-hexode (ECH_{42} dans nos montages) sont montées en bascule d'Eccles-Jordan. Cette bascule fonctionne avec courant de grille, ce qui lui confère une grande stabilité. Nous avons obtenu expérimentalement les zones de fonctionnement suivantes :

([2]) *Voir* note précédente.

(*) Séance du 4 août 1952.

Tension d'alimentation positive : Eb^+.	Tensions d'alimentation négatives : Eb^-. Limite inférieure.	Moyenne.	Limite supérieure.
+ 100 V	— 80 V	— 115 V	— 150 V
+ 140	— 100	— 155	— 210
+ 180	— 120	— 185	— 250

Ce tableau, valable aussi bien avec et sans les diodes, fait ressortir une stabilité de + 30 à 35 % par rapport à Eb^- moyen, en supposant Eb^+ fixe. Si Eb^+ et Eb^- sont fournies par des alimentations du même type, la stabilité atteint 100 %, à la condition que la tension de chauffage ne descende pas en dessous de 5,7 V. De fait, un tel montage fonctionne encore avec $Eb^+ = + 30$ V. La tolérance sur les résistances Rc et Rg est de ± 15 % et sur R_L de ± 20 %.



L'attaque du circuit peut se faire soit par les diodes D_1/D_2, en impulsions négatives, soit par les diodes D_3/D_4, en impulsions positives. La stabilité indiquée ci-dessus se conserve pour une vitesse de comptage dépassant deux millions d'impulsions par seconde, si on limite le recul de grille à l'aide des diodes D_3/D_4, convenablement polarisées (par exemple — 10 V). Les impulsions doivent avoir une amplitude minimum d'environ 8 V. Leur largeur doit être inférieure à 30 μs, avec un condensateur de couplage Cc de 47 μf.

La grille de la triode commande directement la partie hexode, ce qui rend la transition entre les deux états de la bascule pratiquement indépendante des circuits d'utilisation. La lecture du chiffre inscrit peut se faire suivant deux modes :

ou bien la grille Gh de l'hexode est maintenue à un potentiel fixe, et le signal carré apparaît sur la plaque de l'hexode;

ou bien la grille Gh est polarisée au cut-off et le signal qui lui est appliqué apparaît ou non sur la plaque de l'hexode suivant l'état de la bascule. Dans ce cas, le circuit remplit donc la fonction de porte.

Naturellement, les deux hexodes de la bascule peuvent fonctionner indépendamment suivant chacun de ces deux modes, par exemple l'une commandant un néon et l'autre un circuit d'utilisation.

Ce montage permet de multiples combinaisons : entre autres la réalisation simple de chiffreurs décaleurs, compteurs décimaux à grande vitesse, compteurs réversibles, commutateurs électroniques, etc. Nous l'utilisons avec succès depuis plusieurs mois et nous pensons utile de le signaler pour sa sécurité et sa souplesse.

CHIMIE ORGANIQUE. — *Sur une prétendue transposition des acides dérivés de l'acide bromo-5 salicylique. Action d'un excès de bromure d'éthyle-magnésium sur l'acide méthoxy-2 bromo-5 benzoïque.* Note de MM. **Raymond Quelet** et **Robert Pineau**, présentée par M. Marcel Delépine.

La prétendue transposition de l'acide bromo-5 salicylique et de ses dérivés, signalée par M. Paty et R. Quelet, au sujet de l'action des organo-magnésiens sur ces acides, n'a pu être reproduite. L'action d'une quantité limitée de réactif de Grignard ne les modifie pas; d'autre part, l'acide bromo-5 méthoxy-2 benzoïque, traité à chaud par un excès de bromure d'éthyle-magnésium, a donné les produits normalement attendus.

L'un de nous, en collaboration avec M. Paty ([1]), avait signalé que l'acide bromo-5 salicylique et ses éthers-oxydes se transformaient en dérivés de l'acide bromo-3 hydroxy-4 benzoïque, après traitement par une quantité mesurée de bromure d'éthyle magnésium et hydrolyse chlorhydrique du sel de bromomagnésium formé en premier lieu. Comme il s'agissait d'un phénomène nouveau, nous ne l'avions publié qu'après avoir effectué des vérifications dont les résultats paraissaient indiscutables. Cependant, il y a lieu de considérer

---

([1]) *Comptes rendus*, **217**, 1943, p. 229; *Bull. Soc. chim.*, **11**, 1944, p. 505; *Comptes rendus*, **220**, 1945, p. 324.

nos conclusions comme erronées car, au cours de nouvelles recherches, effectuées à la suite d'une publication de A. S. Hussey et I. J. Wilk (2), il nous a été impossible de reproduire la transposition envisagée.

En opérant dans les conditions indiquées dans le travail effectué avec M. Paty, action d'une quantité de bromure d'éthyle-magnésium juste suffisante pour déplacer les hydrogènes mobiles et hydrolyse en présence d'acide chlorhydrique dilué, nous avons récupéré à peu près intégralement les acides initiaux, les produits secondaires étant constitués par des composés neutres. Les modifications apportées au mode opératoire, quant à la nature du magnésien, à la durée de l'opération, à la température du mélange au cours de la condensation et de l'hydrolyse et à la concentration de l'acide chlorhydrique n'ont provoqué aucune variation du résultat final.

On pouvait penser que le phénomène de transposition que nous avions signalé était imputable à des impuretés existant dans les réactifs utilisés. Cette supposition nous a conduits à effectuer, sans plus de succès, d'ailleurs, une série d'essais dans lesquels nous avons opéré, successivement, en présence de faibles proportions de divers métaux : cuivre, nickel, cobalt, fer, chrome, pris sous diverses formes, puis en présence de leurs chlorures anhydres.

Des réactifs, promoteurs de radicaux libres, comme les peroxydes et les combinaisons organiques du cobalt, ne nous ont pas donné de meilleurs résultats.

Au cours de ce travail, nous avons été amenés, également, à étudier l'action d'un excès d'organo-magnésien sur ces acides et, en particulier, sur l'acide méthoxy-2 bromo-5 benzoïque (I). Là, encore, nous avons observé une réaction normale.

On sait qu'en poussant à fond l'action des magnésiens sur les acides carboxyliques, on obtient des alcools tertiaires (3). L'expérience, qui a été faite avec le bromure d'éthyle-magnésium, devait donner le (méthoxy-2 bromo-5 phényl) diéthyl carbinol (II).

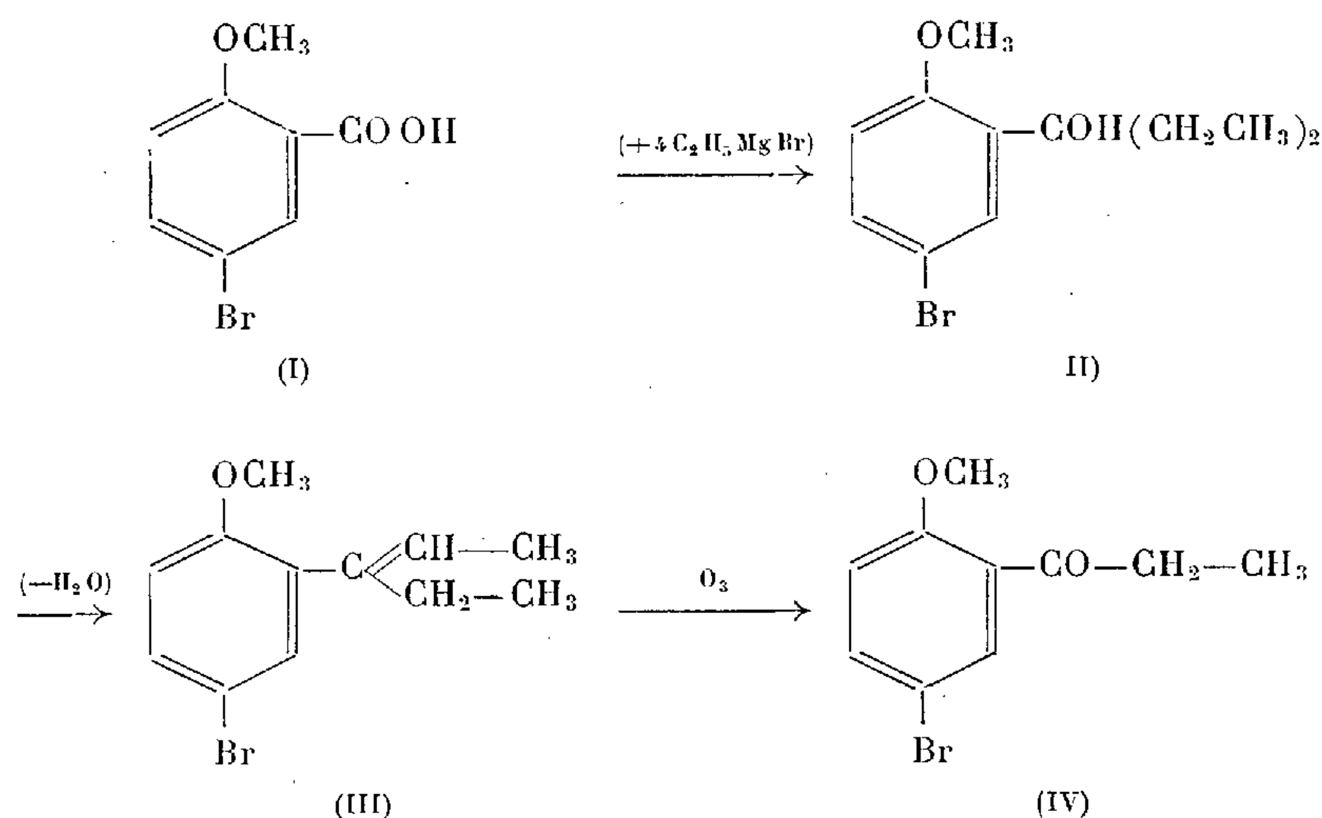
En réalité, cet alcool se déshydrate et nous n'avons pu isoler que le dérivé éthylénique correspondant : le méthoxy-2 bromo-5 α-éthyl propénylbenzène (III). Il s'obtient avec un rendement de 40 %, en chauffant pendant 30 h, dans l'éther, l'acide (I) avec 4 molécules de bromure d'éthyle-magnésium. Ce rendement est porté à 65 % lorsqu'on opère dans le toluène bouillant. C'est un liquide bouillant à 159° sous 12 mm, n_D^{20} 1,560, d_4^{20} 1,348. Par oxydation permanganique, il donne l'acide initial, F 120°; par ozonolyse, il fournit de

---

(2) *J. Am. chem. Soc.*, **72**, 1950, p. 830.

(3) Grignard, *Comptes rendus*, **138**, 1904, p. 152; Simonis et Arand, *Ber. deutsch chem. Ges.*, **42**, 1909, p. 3721.

l'éthanal et une cétone : la méthoxy-2 bromo-5 propiophénone (IV), É 25 mm : 145-147°, F 74°, semicarbazone F 244-245°.



ÉPIPHYSECTOMIE. — *A propos de l'épiphysectomie chez* Gallus domesticus *L.* Note (*) de MM. **René Patay** et **André du Chalard**, transmise par M. Robert Courrier.

D'après 37 épiphysectomies pratiquées sur poulets Leghorn, variété blanche, des deux sexes, il paraît confirmé que cette opération détermine un développement plus rapide des gonades, des caractères sexuels secondaires, et du poids total de l'animal.

A la lumière des récentes recherches de H. Simonnet et de L. Thiéblot [1] sur l'épiphysectomie chez le Rat, il nous a paru intéressant de reprendre cette étude chez l'Oiseau.

Nos expériences sur poulets Leghorn, variété blanche, des deux sexes, sont en cours, ainsi que les contrôles histologiques. Les opérations ont eu lieu à un âge compris entre 20 et 85 jours. D'après les mensurations et pesées effectuées sur 37 animaux et d'après les 18 autopsies pratiquées, nous pouvons :

1° Confirmer, dès à présent, les résultats de Foa [2], de Yokok [3] et de Traina [4],

(*) Séance du 18 août 1952.
(1) *Separatum Acta endocrinologica*, 7, 1951, p. 306-320.
(2) *Arch. ital. de Biol.*, vol. 57, 1928, p. 232-252.
(3) *Zeitsch. f. d. ges. exp. Med.*, vol. 55, 1927, p. 349-370.
(4) *Ann. di laring. otol.*, vol. 33, 1933, p. 155-172.

a. Sur l'apparition précoce du *chant* et du *comportement sexuel* chez deux coquelets opérés par rapport à deux témoins;

b. Sur le développement également précoce de la *crête* comme le montre le tableau ci-dessous établi à partir de mesures effectuées sur la longueur de la crête (L) et sur sa hauteur (H)

1° *Animaux opérés.*

Age	41 jours.	48 jours.	57 jours.	73 jours.	116 jours.
Nombre	5	6	5	3	2
Valeur moyenne de L + H	36	48	60	79,5	132
Valeurs extrêmes	31–40	42–63	57–67	77–81	123–141

2° *Animaux témoins.*

Nombre	4	3	2	2	3
Valeur moyenne de L + H	31	39	52	69,5	119
Valeurs extrêmes	30–33	36–42	51–53	68–71	99–139
Différences moyennes (%)	16	23	15	15	10,5

c. Sur l'augmentation pondérale des 2 *testicules*, indiquée par le tableau ci-dessous :

Sacrifiés à	41 jours.	49 jours.	116 jours.
4 opérés	100 mg	300 mg	5 935–10 013 mg
4 témoins	90 mg	160 mg	6 750– 8 245 mg
Différences moyennes (%)	10	94	7

Nous avons opéré également des femelles. Nous ne pouvons communiquer jusqu'à présent que les cas d'une poulette opérée et d'une poulette témoin. A 142 jours, par rapport au sujet témoin, la crête du sujet opéré était plus grande (L + H = 43 mm au lieu de 39) et l'ovaire gauche plus développé (550 mg au lieu de 350 mg). L'ovaire de l'opérée présentait quelques follicules en évolution.

III. Nous avons été surpris par l'*augmentation pondérale* des animaux opérés, d'autant plus nette qu'on pouvait s'attendre à une différence opposée du fait du traumatisme opératoire.

La différence de la moyenne des poids est en faveur des coquelets opérés. Elle est de :

+ 29 g à l'âge de 43 jours chez 5 opérés (poids moyen des 4 témoins : 225 g);
+ 67 g à l'âge de 49 jours chez 6 opérés (poids des 3 témoins : 273 g);
+ 94 g à l'âge de 57 jours chez 5 opérés (poids des 2 témoins : 328 g);

+ 133 g à l'âge de 73 jours chez 3 opérés (poids des 2 témoins : 626 g);
+ 109 g à l'âge de 116 jours chez 2 opérés (poids des 3 témoins : 922 g).

IV. On remarquera que toutes ces différences en faveur des sujets épiphysectomisés vont en s'atténuant à l'approche de la puberté des témoins, ce qui indique bien que l'ablation du « conarium » ne fait que lever un freinage prépubéral.

La séance est levée à 15 h 30 m.

L. B.



ACADÉMIE DES SCIENCES.

SÉANCE DU LUNDI 1er SEPTEMBRE 1952.

PRÉSIDENCE DE M. ALBERT CAQUOT.

MÉMOIRES ET COMMUNICATIONS

DES MEMBRES ET DES CORRESPONDANTS DE L'ACADÉMIE.

NOMBRES TRANSFINIS. — *Les nodales des suites régulières.*
Note de M. **ARNAUD DENJOY.**

Rectification apportée par l'auteur à un point de détail dans le dernier fascicule paru « Les suites canoniques » de son Ouvrage « L'Énumération transfinie ».

Je désire rectifier dès maintenant une erreur de détail contenue dans le dernier fascicule paru (*Les suites canoniques*, p. 456-457) de mon livre *L'Énumération transfinie*. Il s'agit d'une question secondaire, incidemment posée et sans la moindre conséquence pour le reste de l'Ouvrage.

Soit $\varphi(\gamma)[1 \leq (\gamma, \varphi) < \Omega]$ une suite *régulière* de nombres ordinaux, Ω désignant le premier nombre de la classe III.

$\varphi(\gamma)$ croît avec γ et vérifie la condition $\lim_{\gamma'<\gamma} \varphi(\gamma') = \varphi(\gamma)$ si γ est de seconde espèce.

$\varphi^{(1+\alpha)}(\gamma)$ désigne l'itérée d'ordre α de $\varphi(\gamma)$, définie par $\varphi^{(\alpha+1)}(\gamma) = \varphi^{(\alpha)}[\varphi(\gamma)]$, $\varphi^{(\alpha)}(\gamma)$ étant, pour α de seconde espèce, la suite commune aux suites $\varphi^{(\alpha')}(\gamma)$ pour $\alpha' < \alpha$.

$\varphi_2(\gamma)$ est la (première) nodale de $\varphi(\gamma)$, c'est-à-dire la suite des nombres λ tels que $\lambda = \varphi(\lambda)$; $\varphi_3(\gamma)$, seconde nodale de $\varphi(\gamma)$, est la première nodale de $\varphi_2(\gamma)$.

La suite $\varphi_2(\gamma)$ est identique à $\varphi^{(\omega)}(\gamma)$ (p. 455). Quel que soit β, la suite $\varphi^{(n)}(\beta)$, croissante quand β n'est pas un nœud de $\varphi(\gamma)$, tend vers un nœud $\varphi_2(\theta)$ de la suite $\varphi(\gamma)$. *Dans quel cas le rang* θ *de ce nœud dans la première nodale* $\varphi_2(\gamma)$ *est-il précisément* β ? J'ai écrit que l'égalité

$$\text{(A)} \qquad \lim_{n<\omega} \varphi^{(n)}(\beta) = \varphi_2(\beta)$$

n'a lieu, hors du cas $\beta = 1$, que *si* β *est un nœud d'ordre* 2 (au moins) *de la suite* $\varphi(\gamma)$, donc si $\beta = \varphi_2(\beta)$.

Mais *il y a un second cas, celui où* β *est un nœud d'ordre* 2, *accru d'une unité.*

1° Si β est un nœud de $\varphi(\gamma)$,

$$\beta=\varphi(\beta)=\varphi^{(n)}(\beta)=\lim_{n<\omega}\varphi^{(n)}(\beta).$$

L'égalité (A) n'est vraie que si $\beta=\varphi_2(\beta)$; β est nœud d'ordre au moins égal à 2 pour la suite $\varphi(\gamma)$.

2° Si β n'est pas un nœud de $\varphi(\gamma)$, β est compris entre deux nœuds consécutifs $\delta=\varphi(\delta)=\varphi_2(\theta)$ et $\delta'=\varphi(\delta')=\varphi_2(\theta+1)$ de la suite $\varphi(\gamma)$. On sait (p. 457) que les conditions $\delta+1\leqq\beta<\delta'$ entraînent $\lim_{n<\omega}\varphi^{(n)}(\beta)=\delta'$.

La condition (A) donne donc $\beta=\theta+1$; par suite $\delta\leqq\theta$. Or $\delta=\varphi_2(\theta)\geqq\theta$. En conséquence $\delta=\theta$, $\delta=\varphi_2(\delta)$ et δ est nœud d'ordre 2 de $\varphi(\gamma)$; $\delta'=\varphi_2(\delta+1)$; $\beta=\delta+1$.

Évidemment $\lim_{n<\omega}\varphi^{(n)}(\delta+1)=\delta'=\varphi_2(\delta+1)$.

PLIS CACHETÉS.

M. **J.-André Thomas** demande l'ouverture d'un pli cacheté reçu dans la séance du 4 juin 1952 et enregistré sous le n° 12970.

Ce pli, ouvert en la séance par M. le Président, contient une Note intitulée : *Procédé général de culture des virus, en très grande abondance, chez l'animal*, qui sera insérée dans les *Comptes rendus*.

DÉSIGNATIONS.

M. **Arnaud Denjoy** est désigné pour représenter l'Académie, avec MM. **Jean Chazy** et **Gustave Ribaud**, précédemment désignés, à la cérémonie qui aura lieu, à Auxerre, à l'occasion de l'inauguration d'un médaillon à l'effigie de **Joseph Fourier**.

CORRESPONDANCE.

M. le **Ministre de l'Éducation Nationale** adresse l'ampliation d'un décret, en date du 12 août 1952, modifiant le règlement du 10 juin 1913, en ce qui concerne la nomination des Membres non résidants.

M. le **Secrétaire perpétuel** signale, parmi les pièces imprimées de la Correspondance :

1° *Classified list of Egyptian scientific papers published in* 1951. Vol. I. Fouad i national research Council.

2° Union astronomique internationale et Association internationale de géodésie. *La deuxième opération internationale des Longitudes, octobre-novembre* 1953. *Résultats. Conclusions. Vitesse apparente de propagation des ondes radioélectriques*, par Nicolas Stoyko et Mme P. Dubois.

ASTROPHYSIQUE. — *Application à l'Astronomie d'un récepteur idéal de photons.* Note de MM. **André Lallemand** et **Maurice Duchesne**, présentée par M. André Danjon.

Enregistrement d'images obtenues par photoélectrons. Premiers résultats obtenus sur le ciel.

Les propriétés de l'effet photoélectrique extérieur permettent de concevoir la réalisation d'un récepteur idéal de photons. Nous avons décrit et expérimenté (1) une méthode permettant de réaliser ce récepteur. Des résultats préliminaires ont été obtenus en enregistrant l'image d'une source de lumière très faible (2). Ce sont les besoins de l'astronomie moderne qui nous ont conduits à entreprendre cette étude, mais dans ce champ d'applications apparaissent des difficultés techniques et nous nous sommes proposé d'en étudier les conséquences et les solutions possibles. D'autre part on trouve dans le ciel un grand nombre d'objets lumineux déjà très bien étudiés et possédant des propriétés photométriques très variées, ils permettent de contrôler avec sécurité la méthode proposée. Nous avons, dans ce but, réalisé à l'Observatoire de Paris un dispositif permettant d'obtenir des images d'objets célestes avec un appareil de très modestes dimensions. L'instrument utilisé est le *Petit Coudé* de 26 cm d'ouverture. La photographie du montage est donnée dans la figure 1; en T se trouve le tube de la lunette; un véhicule V et un miroir M forment l'image de l'objet céleste sur la photocathode P placée dans le tube récepteur R contenant l'optique électronique. Ce transport d'images ramène l'ouverture à $f/40$ et les pertes de lumière sont importantes par suite de nombreuses réflexions. La photocathode P a été fabriquée sur une lame de verre placée dans une ampoule en verre mince, elle est introduite primitivement en E. Lorsque le vide dans le tube R a été réalisé, cette ampoule est cassée à l'aide d'une masse de fer manœuvrée par la bobine magnétique B, la photocathode libérée de son enceinte est alors amenée à sa place à l'aide de la bobine magnétique B'. Les plaques photographiques à électrons se trouvent vers la partie inférieure refroidie du tube R et le magasin qui contient quatre plaques est manœuvré par les bobines B_1 et B_2.

---

(1) *Comptes rendus*, **203**, 1936, p. 243 et **203**, 1936, p. 990.
(2) *Comptes rendus*, **233**, 1951, p. 305.

Nous avons pu obtenir avec ce dispositif un assez grand nombre de photographies d'objets célestes. La figure 2 donne un enregistrement de Saturne

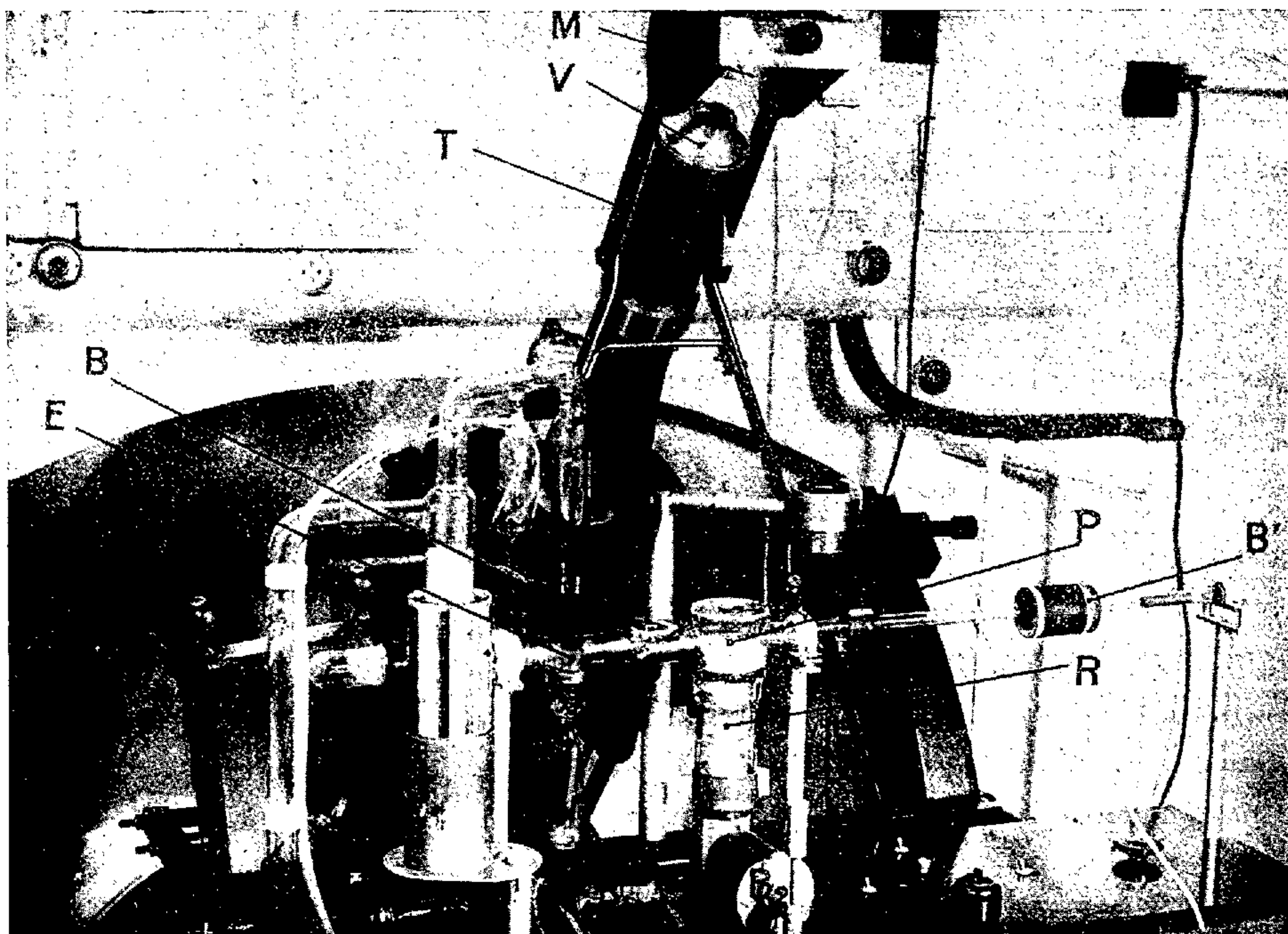


Fig. 1.

obtenu par photoélectrons en 1/5 de seconde et par plaque photographique rapide en 10 secondes, la plaque « Superfulgur » étant à la place de la photo-





Fig. 2. — *Saturne :* photographies prises le 28 avril 1952.
A gauche : photographie électronique. Pose : 1/5 seconde. — *A droite :* photographie normale (plaque *Superfulgur*). Pose : 10 secondes. Grossissement 6.

cathode. La figure 3 donne la photographie de θ Orionis. La tension d'accélération était de 30 000 volts. Sur la photographie électronique obtenue en 5 secondes on peut voir la quatrième composante alors qu'elle n'est pas visible en 3 minutes sur plaque « Superfulgur »; on peut voir sur cette dernière

photographie que la longueur de la pose et la rotation du champ ont provoqué un allongement des images. L'examen direct des clichés électroniques permet



Fig. 3. — Θ *Orionis :* photographies prises le 28 février 1952.
A gauche : photographie électronique. Pose : 5 secondes. — *A droite :* photographie normale (plaque *Superfulgur*). Pose : 3 minutes. Grossissement : 6.

de constater une qualité d'image exceptionnelle due au contraste excellent, à l'absence totale de voile et à l'absence de grains des plaques électroniques.

Ces objets étaient encore trop lumineux pour se placer au voisinage du seuil de sensibilité des plaques ordinaires.

PHYSIQUE MATHÉMATIQUE. — *Sur huit familles d'opérateurs associés aux observables des particules de spin* 1/2. Note de Mme **Judith Winogradzki**, présentée par M. Louis de Broglie.

Les opérateurs associés aux observables des particules de spin 1/2 et n'agissant que sur la variable de spin, forment huit familles à deux paramètres réels. Il existe une infinité d'ensembles de cinq grandeurs physiques dont les opérateurs forment un système de nombres hypercomplexes et qui fournissent des bases, particulièrement commodes, pour la décomposition des grandeurs physiques.

Les opérateurs, associés aux observables des particules de spin 1/2 et n'agissant que sur la variable de spin, forment huit familles à deux paramètres réels; l'un des deux paramètres dépend des unités choisies. Classons les observables en paires et impaires suivant la parité du rang des grandeurs physiques auxquelles elles appartiennent. Considérons les deux expressions générales des spineurs associés aux densités de valeur moyenne des grandeurs physiques, attachées aux particules de spin 1/2, auxquelles correspondent des opérateurs n'agissant que sur la variable de spin [1]. De l'équation (I.2), il résulte qu'aux observables impaires correspondent les opérateurs associés aux grandeurs physiques de rang un, soient Γ^k. De l'équation (I.3), il résulte qu'aux observables paires correspondent les opérateurs associés aux grandeurs physiques de rang deux, soient Γ^{km}. Et l'on déduit des équations spino-

---

(1) J. Winogradzki, *Comptes rendus*, 235, 1952, p. 463 (désigné ici par I).

rielles (I.7) et (I.6) que

$$(1)\qquad \Gamma^m_k = \Gamma'^{\,m}_k + \Gamma\,\delta^m_k,$$

$$(2)\qquad \Gamma'_{km}\left(\alpha+\frac{\pi}{2}\right) = \frac{1}{2}\,\delta_{kmpq}\,\Gamma'^{pq}(\alpha) \quad \text{où } \delta_{kmpq} = \begin{cases} 0 & \text{si 2 indices au moins sont égaux,} \\ 1 & \text{si } kmpq \text{ forment une permutation paire,} \\ -1 & \text{si } kmpq \text{ forment une permutation impaire;} \end{cases}$$

Γ'_{km} et Γ sont les opérateurs associés aux grandeurs physiques antisymétriques de second rang et aux grandeurs physiques de rang nul. La position des indices est identique à celle des indices tensoriels des densités de valeur moyenne des grandeurs physiques correspondantes.

Dans la représentation dont la fonction d'onde est

$$(3)\qquad \Psi_1 = \psi_{\dot 1},\qquad \Psi_2 = \psi_{\dot 2},\qquad \Psi_3 = \chi^1,\qquad \Psi_4 = \chi^2,$$

ψ et χ étant les deux spineurs décrivant l'état de la particule, et dans un système de référence orthonormal réel,

(4)

$$\Gamma^1(b,\bar b) = \begin{bmatrix} 0 & b & 0 & 0 \\ b & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & -\bar b \\ 0 & 0 & -\bar b & 0 \end{bmatrix}$$

$$\Gamma^2(b,\bar b) = \begin{bmatrix} 0 & -ib & 0 & 0 \\ ib & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & i\bar b \\ 0 & 0 & -i\bar b & 0 \end{bmatrix}$$

$$\Gamma^3(b,\bar b) = \begin{bmatrix} b & 0 & 0 & 0 \\ 0 & -b & 0 & 0 \\ 0 & 0 & -\bar b & 0 \\ 0 & 0 & 0 & \bar b \end{bmatrix}$$

$$\Gamma^4(b,\bar b) = \begin{bmatrix} b & 0 & 0 & 0 \\ 0 & b & 0 & 0 \\ 0 & 0 & \bar b & 0 \\ 0 & 0 & 0 & \bar b \end{bmatrix}$$

(5)

$$\Gamma'^{23}(A,\alpha) = A\begin{bmatrix} 0 & 0 & 0 & i\,e^{i\alpha} \\ 0 & 0 & i\,e^{i\alpha} & 0 \\ 0 & -i\,e^{-i\alpha} & 0 & 0 \\ -i\,e^{-i\alpha} & 0 & 0 & 0 \end{bmatrix}$$

$$\Gamma'^{31}(A,\alpha) = A\begin{bmatrix} 0 & 0 & 0 & e^{i\alpha} \\ 0 & 0 & -e^{i\alpha} & 0 \\ 0 & -e^{-i\alpha} & 0 & 0 \\ e^{-i\alpha} & 0 & 0 & 0 \end{bmatrix}$$

$$\Gamma'^{12}(A,\alpha) = A\begin{bmatrix} 0 & 0 & i\,e^{i\alpha} & 0 \\ 0 & 0 & 0 & -i\,e^{i\alpha} \\ -i\,e^{-i\alpha} & 0 & 0 & 0 \\ 0 & i\,e^{-i\alpha} & 0 & 0 \end{bmatrix}$$

$$\Gamma(A,\alpha) = A\begin{bmatrix} 0 & 0 & e^{i\alpha} & 0 \\ 0 & 0 & 0 & e^{i\alpha} \\ e^{-i\alpha} & 0 & 0 & 0 \\ 0 & e^{-i\alpha} & 0 & 0 \end{bmatrix}$$

b, $\bar b$, A, α sont des nombres réels quelconques.

Tandis que la normalisation des opérateurs associés aux observables paires n'impose aucune condition à leur paramètre interne [1] α, la normalisation des opérateurs associés aux observables impaires détermine leur paramètre interne $\beta = b/\bar b$; on obtient $\beta = \pm 1$. L'étude des valeurs propres montre que les opérateurs $\Gamma^k(1)$ correspondent au courant d'Univers, les opérateurs $\Gamma^k(-1)$ au quadrivecteur dont les composantes d'espace forment le spin.

Formons le système de nombres hypercomplexes

$$\mathrm{I},\quad \gamma_k,\quad i\gamma_k\gamma_m,\quad i\gamma_k\gamma_m\gamma_p,\quad \gamma_k\gamma_m\gamma_p\gamma_q,\qquad \text{où}\quad \frac{1}{2}(\gamma_k\gamma_m+\gamma_m\gamma_k)=\delta_{km}\qquad (n=4)$$

dont les quatre générateurs γ_k sont des opérateurs associés à des observables, les trois premiers étant associés au courant. En posant

$$(6)\qquad \Gamma^k(b,\bar{b})=\bar{b}\Gamma^k(\beta),\qquad \Gamma'^{km}(\mathrm{A},\alpha)=\mathrm{A}\Gamma'^{km}(\alpha),\qquad \Gamma(\mathrm{A},\alpha)=\mathrm{A}\Gamma(\alpha),$$

on obtient :

$$(7)\quad \left\{\begin{array}{llll} \mathrm{I}=\Gamma^4(1) & & & \\ \gamma_1=\Gamma^1(1), & \gamma_2=\Gamma^2(1), & \gamma_3=\Gamma^3(1), & \gamma_4=\Gamma(\alpha), \\ i\gamma_2\gamma_3=\Gamma^1(-1), & i\gamma_3\gamma_1=\Gamma^2(-1), & i\gamma_1\gamma_2=\Gamma^3(-1), & \\ i\gamma_1\gamma_4=\Gamma'_{14}\left(\alpha+\frac{\pi}{2}\right), & i\gamma_2\gamma_4=\Gamma'_{24}\left(\alpha+\frac{\pi}{2}\right), & i\gamma_3\gamma_4=\Gamma'_{34}\left(\alpha+\frac{\pi}{2}\right), & \\ i\gamma_2\gamma_3\gamma_4=\Gamma'_{23}\left(\alpha+\frac{\pi}{2}\right), & i\gamma_3\gamma_1\gamma_4=\Gamma'_{31}\left(\alpha+\frac{\pi}{2}\right), & i\gamma_1\gamma_2\gamma_4=\Gamma'_{12}\left(\alpha+\frac{\pi}{2}\right), & i\gamma_1\gamma_2\gamma_3=\Gamma^4(-1), \\ \gamma_1\gamma_2\gamma_3\gamma_4=\Gamma\left(\alpha+\frac{\pi}{2}\right). & & & \end{array}\right.$$

Nous appellerons « jeu complet » tout ensemble de cinq grandeurs physiques auxquelles correspondent les opérateurs $\Gamma(\alpha)$, $\Gamma(\alpha+\pi/2)$; $\Gamma^k(1)$, $\Gamma^k(-1)$; $\Gamma'^{km}(\alpha+\pi/2)$.

Les cinq grandeurs physiques classiques forment un jeu complet; pour $\alpha=0$, les relations (7) sont identiques aux relations données par M. de Broglie [2].

L'étude de la décomposition des grandeurs physiques, attachées aux particules de spin 1/2 et auxquelles correspondent des opérateurs n'agissant que sur la variable de spin, conduit à une seconde définition, moins formelle, du jeu complet. Les équations spinorielles (I.2) (et I.3) montrent que l'on peut décomposer une telle grandeur physique en deux grandeurs physiques du premier rang quelconques si elle est de rang impair, en deux grandeurs physiques de rang nul et une grandeur physique antisymétrique du second rang quelconques si elle est de rang pair. (En particulier, on peut décomposer toute grandeur physique de rang 0 ou 1 en une combinaison linéaire, à coefficients constants, réels, de deux grandeurs physiques du même rang quelconques et exprimer toute grandeur physique antisymétrique du second rang en fonction d'une autre grandeur physique antisymétrique du second rang quelconque.) Les équations de décomposition se simplifient dans un cas particulier : lorsque les grandeurs physiques servant de base à la décomposition sont les grandeurs physiques, de rang impair ou de rang pair, d'un jeu complet.

---

(2) L. DE BROGLIE, *Comptes rendus*, 194, 1932, p. 1062.

CYBERNÉTIQUE. — *Sur la stabilité d'un asservissement linéaire multiple.* Note (*) de M. **François-Henri Raymond**, présentée par M. Louis de Broglie.

Un asservissement multiple portant sur n variables, s'il est linéaire, peut être décrit par l'équation matricielle suivante :

$$y = G(p)(x - Ry). \tag{1}$$

L'ensemble y des signaux de sortie est déduit, par l'amplification de matrice diagonale $G(p)$, des signaux d'erreurs formant l'ensemble $x - Ry$, R étant une matrice constante non singulière, l'ensemble x est arbitraire.

Les propriétés d'un tel asservissement sont caractérisées par les solutions du système différentiel homogène dont l'image au sens de l'intégrale de Laplace est

$$[G^{-1}(p) + R]y = 0. \tag{2}$$

Soit $p_\nu = \alpha_\nu + j\beta_\nu$ une racine de son équation caractéristique et soit $Y_\nu = Y'_\nu + jY''_\nu$ le vecteur propre correspondant.

Lorsqu'on calcule $G^{-1}(p)$ pour la valeur p_ν de l'argument, cette matrice diagonale peut être écrite sous la forme :

$$G^{-1}(p_\nu) = A(\alpha_\nu, \beta_\nu) + jB(\alpha_\nu, \beta_\nu), \tag{3}$$

A et B étant diagonales.

La relation (2) devient donc, pour une racine caractéristique p_ν, en séparant parties réelle et imaginaire :

$$(A + R)Y'_\nu - BY''_\nu = 0, \qquad (A + R)Y''_\nu + BY'_\nu = 0, \tag{4}$$

B étant diagonale peut être éliminée de ces deux relations, d'où ([1])

$$(Y'_\nu)_t AY'_\nu + (Y''_\nu)_t AY'' + (Y'_\nu)_t RY'_\nu + (Y''_\nu)_t RY''_\nu = 0. \tag{5}$$

Postulons que le système est stable : alors $\alpha_\nu < 0$ *quel que soit* ν.

Si les amplificateurs d'écart ou les servomoteurs produisant les composantes de y ont pour coefficient isomorphe de transfert $g_i(p)$, la matrice diagonale $A(\alpha_\nu, \beta_\nu)$ a pour terme non nul a_i, avec $a_i(\alpha_\nu, \beta_\nu) = \mathcal{R} g_i^{-1}(p_\nu)$ ($\mathcal{R}$ = partie réelle de). Le signe de a_i est le même que celui de $\mathcal{R} g_i(p)$.

Hypothèse. — Supposons que nous construisions les organes d'amplification de manière que

$$a_i(\alpha_\nu, \beta_\nu) < 0 \tag{6}$$

lorsque $\alpha_\nu < 0$, quel que soit β_ν.

(*) Séance du 18 août 1952.

([1]) (t signifiant transposée.)

Si $y''_{i\nu}$ et $y'''_{i\nu}$ sont les composantes respectives des vecteurs Y'_ν et Y''_ν, la relation (5) s'écrit :

$$\sum_i a_i(y'^2_{i\nu} + y''^2_{i\nu}) + (Y'_\nu)_t R Y'_\nu + (Y''_\nu)_t R Y''_\nu = 0. \tag{7}$$

La somme à gauche est non positive, d'après l'hypothèse, si le système est stable, donc, il est nécessaire que

$$(Y'_\nu)_t R Y'_\nu + (Y''_\nu)_t R Y''_\nu > 0. \tag{8}$$

Chacune de ces expressions est la forme quadratique associée à la partie symétrique de la matrice R, d'où :

THÉORÈME (²). — *Étant donné un servomécanisme à n variables dont les signaux de sortie sont déduits des signaux d'erreurs par des éléments linéaires dont le coefficient de transfert jouit de la propriété*

$$\mathcal{R} g_i(p) < 0, \quad \text{lorsque} \quad \mathcal{R} p < 0 \quad (i = 1, 2, \ldots, n),$$

il est stable (condition suffisante) si la partie symétrique de la matrice de réaction est définie non négative.

Considérons la transformée dans le plan $q = g(p)$ du plan de la variable p. En particulier, la courbe Γ est la transformée de l'axe imaginaire du plan p. Le domaine hachuré correspond à tout point $\alpha_\nu = \mathcal{R} p > 0$.

Sans examiner tous les cas qui se présentent dans les applications pratiques, considérons deux cas typiques et fréquents.

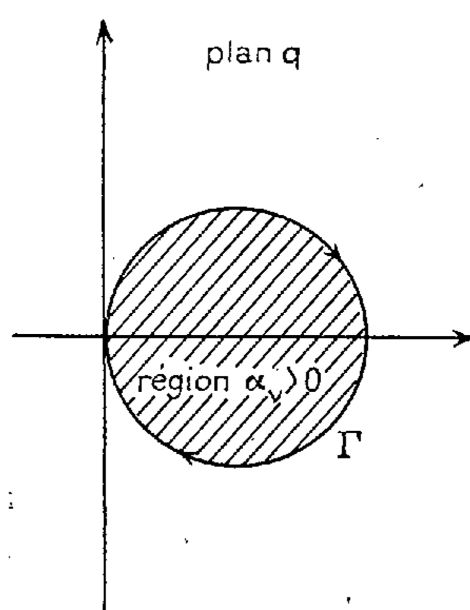


Fig. 1.

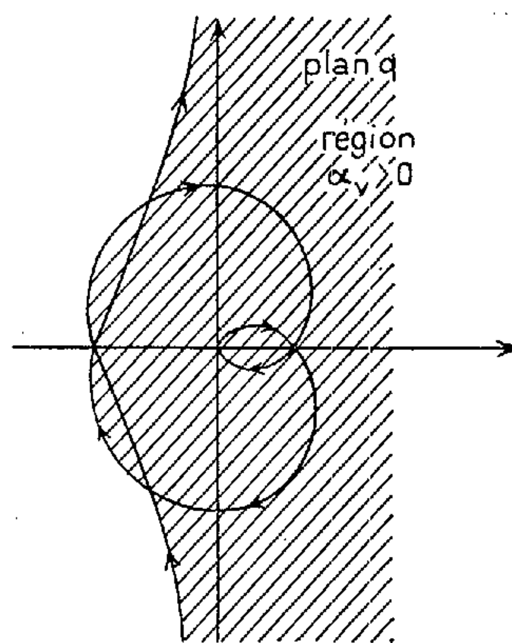


Fig. 2.

Cas 1. — L'un quelconque des coefficients de transfert est caractérisé par le contour Γ de la figure 1.

On voit que pour $\alpha_\nu < 0$, $a_i \gtrless 0$. Donc le théorème énoncé ci-dessus *donne une condition suffisante de stabilité* (mais non nécessaire).

(²) Ce théorème n'avait été démontré par une autre voie que dans le cas particulier où toutes les fonctions de transfert g_i étaient égales.

Cas 2. — L'un quelconque des coefficients de transfert isochrone est représenté figure 2 (il possède un pôle simple à l'origine). Alors $a_i < 0$ pour $\alpha_\nu < 0$ et le théorème donne une *condition nécessaire*, mais non suffisante de stabilité.

MINÉRALOGIE. — *Sur la genèse des minerais oolithiques de Lorraine en rapport avec l'état du fer et sur l'unité chronologique et spatiale de leur évolution.* Note de M[lle] **Simonne Caillère** et M. **François Kraut**, transmise par M. Charles Mauguin.

Plusieurs classifications ont été proposées pour désigner les horizons qui constituent le dépôt de fer oolithique du Bassin Lorrain. La plus connue, celle de L. Cayeux ([1]), comprend, de haut en bas, les couches rouge, jaune, grise, brune, noire et verte, constituées par des minéraux appartenant à trois familles, carbonates, oxydes et silicates, ayant un élément commun, le fer. L'évolution de ce métal commande toute l'histoire du gîte et sa manière d'être reflète, en quelque sorte, les conditions physico-chimiques du milieu générateur.

Les carbonates se concentrent dans la gangue; par contre, les oxydes et les silicates se répartissent dans les oolithes et le ciment. Enfin, tous les minéraux interviennent dans l'épigénie des fossiles.

Il est généralement admis que le fer est amené dans le bassin de sédimentation par les cours d'eau sous forme colloïdale. Que devient ce gel dans les différents horizons?

Dans les couches verte et noire, essentiellement constituées par la sidérose et les silicates, il est entièrement réduit à l'état ferreux. Dans les couches intermédiaires, plus complexes, une partie du fer reste à l'état ferrique, la calcite y voisine avec la sidérose, les silicates et les oxydes : goethite, hématite, magnétite. A la partie supérieure où seules subsistent la goethite et la calcite, le fer n'a pas subi de réduction. Par conséquent, *de haut en bas, le fer accuse un degré de réduction croissant.*

On constate, d'autre part, que dans un niveau quelconque les oolithes sont toujours plus oxydées que la gangue. Par exemple, dans un minerai qui renferme la goethite et la magnétite, l'hydroxyde se concentre dans les oolithes et la magnétite se localise dans le ciment. De même, la sidérose, carbonate ferreux, demeure toujours dans les espaces interoolithiques, tandis que l'hydroxyde ferrique se dépose dans les oolithes.

Une autre propriété commune à tous les minerais est la différence de cristallinité entre ovoïdes et gangue. En effet, les oolithes sont le lieu de

---

([1]) *Les Minerais de fer oolithiques de France*, fasc. II, *Minerais de fer secondaires*, Paris, 1922.

prédilection des produits colloïdaux ou cryptocristallins, alors que la gangue est bien cristallisée. En admettant, comme on le fait généralement, que la gangue est postérieure à la formation des oolithes, on pourrait conclure à l'existence de deux phases : la première colloïdale, la seconde cristalline. En réalité, il n'en est rien, comme le montrent de nombreuses observations. Prenons le cas d'un organisme épigénisé par la goethite, noyau d'une oolithe en stilpnosidérite. Le fossile, antérieur à la zone corticale, représente la phase cristalline. Cependant, après elle s'est encore déposé l'hydroxyde colloïdal de l'enveloppe.

Cette impossibilité de déterminer l'âge relatif des constituants amorphes et cristallins, n'est pas la seule difficulté à laquelle se heurte toute tentative d'établir une chronologie absolue. Le noyau est souvent un fragment emprunté à la gangue même. Cet exemple est en contradiction avec les conceptions classiques qui séparent nettement dans le temps la formation de l'ovoïde autour d'un fragment préexistant, puis le dépôt de la gangue. Il semble plus logique d'admettre que le ciment et la zone corticale se forment en même temps.

Dans les théories métasomatiques, on imagine que l'histoire de ces sédiments comporte des périodes carbonatée, puis silicatée et, à la fin, oxydée. En examinant au microscope un minerai complexe, on voit généralement l'oolithe en contact avec le silicate de la gangue, puis, plus loin d'elle, se localise le carbonate. Or les oolithes utilisent souvent comme centre d'attraction, soit des débris d'ovoïdes déjà faits, soit, nous l'avons vu, des fragments du ciment consolidé. Il en résulte que le carbonate d'une portion de minerai peut être antérieur ou postérieur au silicate d'une autre portion, et que l'*on ne peut pas envisager de stades ferrugineux, silicaté ou carbonaté séparés.*

Mais les auteurs ne se sont pas contentés de distinguer des périodes minéralogiques successives; la plupart d'entre eux admettent avec L. Cayeux, que les oolithes ne se sont pas formées à leur emplacement actuel. Pour certains, leur origine se situe en dehors du lieu de dépôt; pour d'autres, elles ont pris naissance dans des eaux agitées, près de la surface des mers, puis sont tombées au fond où s'élaborait la gangue. Des observations d'ordre structural nous interdisent de nous rallier à ces hypothèses. Citons l'exemple fréquent de 2 ou plusieurs oolithes ayant chacune sa propre zone corticale et qui possèdent en outre un revêtement commun. Celui-ci a exactement la même composition et la même structure que les enveloppes individuelles. Les oolithes ainsi réunies occupaient déjà une position définitive lorsque s'est déposée l'enveloppe extérieure, par conséquent, toute idée de transport ou de remaniement doit être écartée.

GÉOLOGIE. — *Essais de synthèses en relation avec des roches volcaniques d'Algérie.* Note de M. **Gérard Sadran**, transmise par M. Albert Michel-Lévy.

En liaison avec les idées exprimées par M. R. Laffitte sur la genèse des roches vertes du Trias, j'ai introduit des éléments étrangers au cours de la fusion de roches volcaniques.

Les matières choisies ont été celles que rencontrerait une intrusion volcanique dans le trias de faciès germanique.

1° A un produit entièrement vitreux obtenu par fusion prolongée d'une roche à 1500° a été ajouté 20 % de son poids d'un mélange à masse égale de gypse, dolomie et sel gemme, tous finement broyés. Je suis parti des laves du volcan du Djebel Tzioua à proximité d'Aïn Temouchent (Oran), décrites par L. Gentil comme leucotéphrites à olivine (1) et par A. Lacroix comme Basanitoïdes à analcime (2).

Après fusion du mélange à 1050° en creuset de silice pendant 24 heures et recuit à 900° pendant 5 jours, j'ai obtenu une roche bulleuse largement cristallisée. En lame mince on reconnaît une proportion importante de plagioclases en microlites de 0,25 mm de long identiques à ceux des roches naturelles; des cristaux automorphes de magnétite et un pyroxène mal individualisé.

2° Pour déterminer le rôle de chacun des trois sels ajoutés au verre artificiel, j'ai effectué d'autres expériences en remplaçant le mélange par une quantité équivalente de l'un des trois constituants.

Les trois produits obtenus sont tous nettement cristallisés et ont entre eux de nombreux points communs.

Au point de vue minéralogique, la principale différence réside dans la proportion des cristaux obtenus; on rencontre des feldspaths calcosodiques.

Dans chaque expérience, le plagioclase obtenu contient 65 % d'anorthite. Le pourcentage calculé grâce aux analyses chimiques est en accord avec ce résultat dans le cas de l'expérience avec la dolomie. Avec le sel gemme, le plagioclase calculé est à 35 %. Mais ce désaccord apparent s'explique par la grande proportion de matière non encore cristallisée. Il est à noter que dans ce cas, les plagioclases sont zonés en bordure et tendent vers des formes plus acides. On rencontre également des cristaux d'augite et d'olivine.

---

(1) *Esquisse stratigraphique et paléontologique du Bassin de la Tafna*, Alger, 1902, p. 467.

(2) *a. C. Renan*, t. **178**, 1924, p. 219; *b. Bulletin volcanologique*, n° **2**, 1924, p. 1.

Les figures 1 et 2 donnent deux aspects typiques des textures obtenues; la figure 1 provenant de l'expérience avec ClNa montre une texture intersertale analogue à celle de certaines ophites avec grandes baguettes de plagioclases (2 à 3 mm de long).

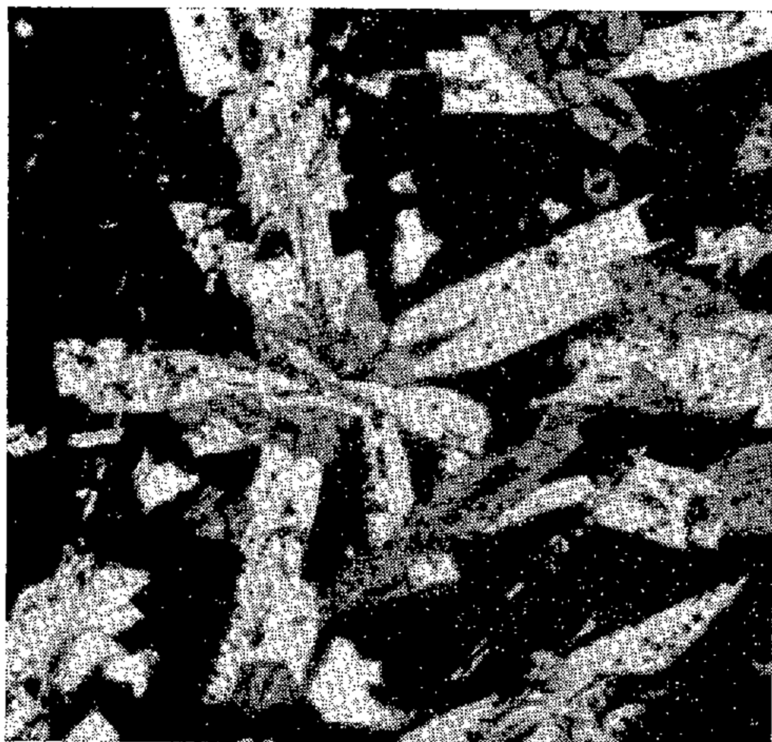


Fig. 1.

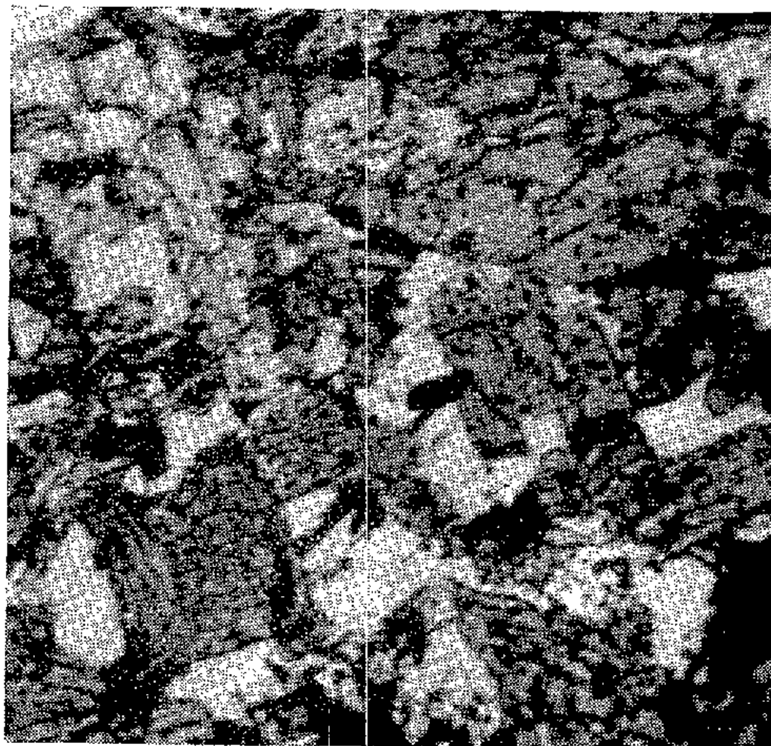


Fig. 2.

Fig. 1. — *Verre basique et* 20 % *de* ClNa. LN × 25 en blanc : feldspaths plagioclases; en gris : pyroxènes.

Fig. 2. — *Verre basique et* 20 % *de* $(CO_3)_2CaMg$. LN × 45 : le fond est constitué par les feldspaths plagioclases. En gris : les pyroxènes. L'olivine est reconnaissable (en blanc) par son relief élevé.

Avec la dolomie (*fig.* 2), j'ai obtenu dans la partie profonde du creuset une texture presque parfaitement holocristalline et une roche très voisine d'un gabbro à olivine. Les plagioclases ne sont alors plus automorphes, mais occupent les vides entre les cristaux.

Dans le premier cas :

Paramètres calculés après analyse = (II)III.4.2.5[2.2'.2.1(2)].

Dans le deuxième cas :

Paramètres calculés = III.(4)5.3(4).'5.[2.2'.2(3).1].

En résumé, en fondant un verre volcanique basique en présence de dolomie, de gypse et de sel gemme, puis en procédant à un recuit à une température inférieure au point de fusion, j'ai obtenu d'une manière relativement rapide et à la pression ordinaire, des roches synthétiques toutes très largement cristallisées, certaines pratiquement holocristallines et comparables à des roches naturelles par leurs minéraux et leur texture.

GÉOLOGIE. — *Présence du Renne dans des alluvions antéwürmiennes de la basse vallée de l'Isère.* Note (*) de MM. **Franck Bourdier, Jean Combier** et **Henri Gauthier**, transmise par M. Maurice Gignoux.

En 1936, dans la basse vallée de l'Isère, à Châtillon-Saint-Jean (Drôme), à 9 km au Nord-Est de Romans, l'un de nous attirait l'attention de MM. Bard sur les ossements contenus dans les sables quaternaires qu'ils exploitaient; depuis, ceux-ci firent de nouvelles trouvailles, rassemblées en grande partie au Laboratoire de Géologie de la Faculté des Sciences de Lyon.

Quelques-unes, parmi les pièces osseuses découvertes, sont denses, grises, usées et roulées, donc manifestement remaniées d'un gisement plus ancien; les autres, très bien conservées, sans patine, sont certainement contemporaines des sables. Elles se rapportent à la faune suivante, où les Cervidés dominent :

Rangifer tarandus L. : un fragment d'une demi-mandibule gauche portant D_3 et D_4 (M_1 et M_2 à l'état de bourgeon) et l'extrémité distale d'un humérus droit.

Megaceros sp. : frontal portant la portion des bois jusqu'au début de l'empaumure [1].

Cervus probablement *elaphus* L. : un métacarpien gauche dont l'extrémité distale est brisée.

Cervus sp. : nombreuses phalanges et os du carpe et du tarse indiquant une espèce de taille plus petite et différente de l'élaphe.

Capreolus (?) : petits fragments de bois.

Equus caballus (taille d'un percheron) : incisive, fragment de phalange onguéale et tibia gauche non épiphysé d'un jeune sujet.

Cette faune, considérée en elle-même, n'est pas différente de la banale *faune du Renne* de la période würmienne. Mais nous allons montrer qu'elle est, géologiquement, très antérieure au Würm, ce qui lui confère un intérêt tout particulier.

La sablière Bard est située dans la petite vallée de la Joyeuse (rive droite), à 500 m environ de son débouché dans la vallée de l'Isère. Exception faite de trois intercalations de galets et de graviers de quelques mètres d'épaisseur, l'ensemble du dépôt est constitué par des sables fins, parfois limoneux, finement lités ou à stratification entrecroisée. Les fronts d'exploitation permettent d'observer ce dépôt sur 40 m de hauteur : il donne l'impression d'une accumulation fluviatile latérale constituée par des matériaux empruntés, en grande partie, aux grès et sables miocènes du bassin de la Joyeuse, avec

---

(*) Séance du 25 août 1952.

(1) Notons aussi un fragment de mandibule recueilli par l'un de nous en 1946 et déterminé alors par M. J. Viret comme *Megaceros* sp.

quelques petits blocs hétérométriques sub-anguleux de roches cristallines peu altérées. Ces blocs ne peuvent guère dériver que d'un cône fluvio-glaciaire qui, en remblayant la vallée principale, aurait provoqué le dépôt latéral des sables.

La partie supérieure des alluvions, formant *la terrasse de Châtillon*, n'est pas visible en affleurement; mais on peut supposer qu'elle est fortement altérée, car les flancs de la gravière sont pénétrés par de grandes poches d'un sable rubéfié brun rouge; ce sable contient la très forte proportion de 47 % de grains ronds mats éolisés.

La terrasse de Châtillon, à 110 m au-dessus de l'Isère actuelle, domine de 70 m la terrasse würmienne dite de Romans; elle domine aussi, de 50 m, la terrasse dite du Séminaire de Valence, que l'on peut considérer comme rissienne, puisqu'elle est recouverte à Beauvallon, par deux loess superposés. L. de Lamothe et L. Doncieux avaient rattaché la terrasse de Châtillon à celle de Foullouse (ou Fouillouse), située à 16 km en aval, en se basant sur leurs altitudes respectives; des raisons stratigraphiques peuvent appuyer leur interprétation; la terrasse de Foullouse, comme celle de Châtillon, présente des poches de rubéfaction et contient des blocs de granite anguleux très hétérométriques ([2]). Sables roux et blocs hétérométriques caractérisent également la terrasse alluviale des Reynauds, à 7 km en amont de Châtillon, dans la vallée de l'Isère. Les terrasses des Reynauds, de Châtillon et de Foullouse peuvent être interprétées comme les restes d'un cône fluvio-glaciaire à très forte pente formé lors d'une ancienne phase du Riss ou peut-être même pendant le Mindel ; le Renne de la sablière Bard serait contemporain de ce cône.

En France, on ne connaissait que trois gisements nettement antéwürmiens ayant fourni du Renne. A Mionnay (Ain), dans la Dombes, du Renne, si l'on en croit Chantre ([3]), proviendrait d'une moraine rissienne. Au Havre (Seine-Inférieure), au niveau de la mer, le Renne et le Mammouth auraient été associés à de l'Acheuléen dans une argile jaune, probablement un loess ancien, au niveau de la mer actuelle ([4]). En Alsace, à Achenheim (Bas-Rhin), la base d'un loess ancien soliflué et les alluvions vosgiennes sous-jacentes ont fourni des ossements de Renne qui pourraient remonter soit au Mindel, soit à une phase ancienne du Riss ([5]).

([2]) Observation inédite de M. Gignoux et F. Bourdier.

([3]) *Ann. Univ. de Lyon*, nouv. série, 1, fasc. 4, 1901, p. 131.

([4]) G. Romain, *Rev. mens. École d'Anthr.*, 1894; M. Duteurtre, *Bull. Soc. Préhist. Fr.*, 39, 1942, p. 120.

([5]) P. Wernert, *Bull. Ass. Phil. d'Alsace*, 8, 1937, p. 373. Nous ne tenons pas compte, pour le moment, du Renne découvert jadis en très haut niveau aux environs de Paris, sa position stratigraphique est trop mal connue.

Ainsi, le Renne a certainement vécu en France avant le Würm, et, semble-t-il, il était déjà adapté au climat froid; en effet, il a été toujours trouvé dans des gisements apparemment glaciaires ou péri-glaciaires : alluvions à blocs erratiques, loess et sables soliflués; au Havre, la mer avait alors un niveau inférieur à l'actuel, peut-être par suite d'une rétention des eaux des océans dans les calottes glaciaires.

GÉNÉTIQUE. — *Observation de l'incompatibilité dans* Œnothera fruticosa L. Note de M. **Robert Linder**, présentée par M. Louis Blaringhem.

Œnothera fruticosa (¹) du continent américain, existe en culture à Strasbourg. L'étude a porté sur les plantes du Jardin botanique, sur des semences provenant de Baarn, Bâle, Braunschweig, Bruxelles, Dublin, Lausanne, Oslo, Oxford, Zurich, avec différentes désignations (*fruticosa*, *riparia*, *Fraseri*, *glauca*, etc.). Grande diversité morphologique et biologique.

Au cours d'une première série d'expériences, l'autopollinisation contrôlée a été pratiquée sur 150 des plantes qui ont fleuri durant les saisons 1951-1952 dans les 12 populations issues de semis.

Chacune d'elles a été autopollinisée au moins trois fois, à divers moments de la floraison ; toutes ces plantes expérimentées se sont montrées autostériles.

Par contre, en fécondation libre, la nouaison des capsules fut régulière, avec une abondante production de graines.

Bien qu'à l'observation le pollen se montre de valeur inégale, par suite d'irrégularités méiotiques étudiées dans un autre travail, chaque plante fournit suffisamment de gamètes normaux pour être parfaitement féconde dans les conditions naturelles de pollinisation par les insectes.

Au cours d'une deuxième série d'expériences, des croisements ont été effectués; à l'intérieur de chacune des populations, toutes les plantes ont été croisées par l'une d'entre elles. Les résultats mettent en évidence le fait qu'entre deux individus peut exister soit interfertilité, soit interstérilité.

La stérilité qu'on observe dans Œnothera fruticosa, (*autostérilité d'une plante donnée ou interstérilité de deux plantes*), *relève donc du phénomène d'incompatibilité.*

L'analyse des populations issues de croisements faits en 1951, laisse déjà prévoir l'existence d'un mécanisme factoriel analogue à celui qui est étudié

(¹) Léveillé, *Monographie du genre Œnothera*, 1902, p. 102.

dans *Œnothera missouriensis* (²) et conforme au type classique : allélie multiple au locus S (S_1, S_2, ..., S_n); incapacité pour un pollen de traverser un style qui porte un allèle S identique au sien.

De plus, le nombre des facteurs S paraît très élevé ; en effet une plante déterminée est féconde dans tous les croisements par des individus d'origines différentes; elle ne se montre incompatible qu'avec certaines compagnes de sa population ; des allèles identiques ne se retrouvent que dans des plantes de même origine.

L'observation du développement des tubes polliniques après autopollinisation révèle que l'arrêt se produit surtout dans les stigmates, exceptionnellement dans la partie supérieure du style, où on les voit bloqués après 24 h, alors qu'au même moment, après croisement compatible, ils ont atteint la base du style.

Il est remarquable que l'autostérilité due au phénomène d'incompatibilité apparaisse chez *Œnothera fruticosa* qui appartient au sous-genre *Kneiffia*, seule subdivision du genre *Œnothera* où ne sont connues jusqu'ici que des formes polyploïdes; le nombre $2n = 28$, observé par deux auteurs sur *Œ. glauca* (³) et *Œ. tetragona* (⁴), a été confirmé sur les plantes en expérience.

Il devient impossible de soutenir l'idée qu'il existe une relation entre la polyploïdie du sous-genre *Kneiffia* et l'absence opposée jusqu'ici de l'autostérilité qui est fréquente dans les autres sections du genre, composées d'espèces diploïdes (⁵).

Il est encore intéressant de remarquer que l'espèce *pumila*, considérée comme très voisine de *fruticosa*, un mutant d'après certains auteurs, est autofertile. Dans les mêmes conditions expérimentales, les exemplaires d'*Œnothera pumila* du Jardin Botanique de Strasbourg sont autoféconds, alors que l'incompatibilité se manifeste dans toutes les formes étudiées qui correspondent aux descriptions données pour *fruticosa*.

Le développement ultérieur de ce travail permettra de préciser la nature du type d'incompatibilité qui a été décrit, la signification de ce phénomène et l'importance qui peut lui être attribuée parmi les critères utilisés pour séparer les espèces *pumila* et *fruticosa*.

(²) R. Linder, *Comptes rendus*, **230**, 1950, p. 1310; *Ann. de l'amél. des plantes*, **11**, 189-213.

(³) J. Schwemmle, *Ber. d. deutsch. Bot. Ges*, **42**, 1924, p. 238-243.

(⁴) A. Hecht, *Proc. Ind. Acad. Sc.*, **51**, 1942, p. 87-93.

(⁵) R. E. Cleland, *Indiana Univ. Publ.*, Sci. ser. **16**, 1950.

BIOLOGIE EXPÉRIMENTALE. — *Procédé général de culture des virus, en très grande abondance, chez l'animal.* Note de M. **J.-André Thomas** (1), présentée par M. Pierre-P. Grassé.

Une nouvelle méthode de culture des virus sur embryome spécifique géant provoqué chez les animaux naturellement sensibles à ces virus, permet l'obtention de virus pathogènes par kilogramme. Elle utilise l'électivité tissulaire des virus et crée les conditions d'un milieu de culture spécifique idéal, adapté et entretenu par l'organisme lui-même (2).

Le principe de la préparation des vaccins spécifiques contre les maladies à virus filtrables rend nécessaire la production massive de ces virus. Or, ceux-ci ne se cultivent que dans les cellules vivantes, ou en présence de celles-ci, *in vivo, in vitro, in ovo,* ou bien encore dans des organes ou dans de grands fœtus mis en survie par circulation artificielle aseptique (3). Mais ces méthodes n'ont en général qu'un rendement assez limité et, dans certains cas, insuffisant. Les méthodes de culture *in vitro* et *in ovo* principalement, outre qu'elles peuvent fournir des virus accompagnés de protéines étrangères à l'espèce à laquelle on les destine, et de ce fait être plus ou moins dangereuses, ont surtout le défaut grave de provoquer des variations des propriétés spécifiques des virus, ce qui peut les rendre inutilisables.

De nombreux auteurs ont fait, depuis longtemps, des tentatives variées de préparation des animaux donneurs de virus, dans l'espoir d'obtenir la matière virulente en quantité accrue : production d'un œdème réactionnel par injection préalable de substances irritantes, ou par perturbation tissulaire ou vasculaire, déclenchement d'une infection concomitante par un autre virus ou par agent microbien, inoculation de virus dans un cancer transmis par greffe, etc.

Mais toutes ces recherches d'un procédé de culture massive des virus *in vivo* n'ont abouti qu'à un rendement en matière virulente relativement faible, ou encore variable et aléatoire ; de plus, les virus peuvent subir des modifications de leurs caractères spécifiques.

---

(1) Document retiré du pli cacheté n° 12970, déposé le 4 juin 1952, ouvert à la demande de l'auteur le 1er septembre 1952.

(2) A la demande de l'auteur, ce résumé a été ajouté au pli cacheté au moment de l'insertion.

(3) J.-André Thomas, Louis Salomon et Léone Salomon, *Comptes rendus*, 227, 1948, p. 310-311 et J.-André Thomas, J.-Pierre Thiéry, Louis Salomon et Léone Salomon, *Bull. Off. interna. Épizooties*, 35, 1951, p. 54-61.

Il suffisait, cependant, de réfléchir aux données du problème posé pour en trouver théoriquement la solution. De nombreux virus filtrables, en effet, ne se multiplient abondamment et ne conservent tous leurs caractères que dans les cellules mêmes de leurs tissus d'élection : tissus épithéliaux, nerveux, etc., chez les espèces réceptives. Ils peuvent avoir une électivité stricte pour certains tissus et non pour d'autres. En outre, il est des tissus électifs qui favorisent plus que d'autres la production de substances assurant le mécanisme de l'immunisation.

Il convient donc d'utiliser précisément cette électivité tissulaire de nombreux virus. Au lieu de provoquer seulement une masse réactionnelle quelconque et indéterminée chez l'animal réceptif, pour tenter d'augmenter la récolte du virus inoculé, comme ont fait les chercheurs, il est indispensable de créer les conditions mêmes d'un milieu tissulaire spécifique que les virus exigent pour leur multiplication abondante et la conservation de leurs caractères.

C'est au début de 1949 que j'ai pensé à cultiver les virus en très grande abondance, dans des *embryomes spécifiques géants*, provoqués chez les animaux réceptifs, revenant en somme à une méthode expérimentale que j'avais appliquée chez la Poule, pour d'autres fins, il y a maintenant vingt ans (4).

Le principe de la méthode consiste à provoquer chez l'animal réceptif le développement en grande masse du tissu où le virus que l'on veut cultiver se multiplie électivement. Ces tissus électifs sont prélevés aseptiquement au fœtus, ou éventuellement à l'adulte de la même espèce. Ils sont convenablement pulpés et dilués, puis la suspension tissulaire ainsi préparée est implantée chez l'animal sensible, en un endroit approprié : sous la peau, dans la cavité abdominale, etc. Cette suspension se développe, comme une culture de tissus immense, *milieu spécifique idéal, adapté et entretenu par l'organisme lui-même*.

C'est dans ce milieu que cultive la souche virulente : celle-ci est inoculée à l'animal porteur de l'*embryome spécifique*, soit par les voies habituelles, soit par inoculation dans la masse même de l'embryome. Après un délai convenable, toute la masse, entièrement virulente, est prélevée : elle est broyée et transformée en vaccin.

Ainsi la source virulente est obtenue, avec tous ses caractères, en quantité pratiquement illimitée. Un seul animal fournit, dès lors, très facilement, et à bas prix, ce que fournissaient des dizaines, voire des centaines d'autres, dans les conditions habituelles.

Mes collaborateurs et moi (J. Pierre Thiéry, L. et L. Salomon) avons appliqué cette méthode à partir du mois de mai 1950, à la demande des Services Vétérinaires du Ministère de l'Agriculture, à l'obtention massive du virus de

(4) J. André Thomas, *C. R. Soc. Biol.*, 110, 1932, p. 883-884.

la fièvre aphteuse, fléau mondial. J'ai aussi poursuivi les mêmes travaux, au Brésil, en 1951, à l'instigation de l'Institut de Biophysique brésilien.

Ces recherches sont terminées depuis quelques mois et nous les publierons ultérieurement mes collaborateurs et moi : la source des différents virus aphteux, hypervirulents, en vue de l'obtention de vaccins, est maintenant sans limites.

Mon procédé de culture massive des virus, *in vivo*, sur embryome spécifique géant, est général. J'espère pouvoir l'appliquer, en suivant un plan de recherches de longue haleine, à la lutte contre plusieurs maladies graves des animaux et de l'Homme.

BIOLOGIE EXPÉRIMENTALE. — *La culture du virus de la fièvre aphteuse en très grande quantité sur embryome spécifique géant, chez la Vache.* Note de MM. **J.-André Thomas, J.-Pierre Thiéry, Louis Salomon** et Mme **Léone Salomon**, transmise par M. Pierre-P. Grassé.

Nous avons appliqué au virus de la fièvre aphteuse la méthode de l'un de nous, de culture des virus chez l'animal sensible, sur embryome spécifique géant. Elle permet d'obtenir avec facilité et dans des conditions naturelles, une immense quantité de virus pur, hautement pathogène et utilisable pour la préparation de vaccin anti-aphteux.

La production de vaccins contre la fièvre aphteuse exige une source des principales variantes du virus aphteux beaucoup plus abondante que celle représentée par les aphtes des Vaches inoculées. Les résultats des cultures massives de H. S. Frenkel (1947) sur lambeaux de muqueuse linguale de Bovins, ont constitué un notable progrès. Mais les méthodes de culture du virus aphteux *in vitro*, et même les deux premières que nous avons préconisées, d'une part culture sur fœtus de Vache en survie aseptique (1948) et, d'autre part, sur fragments de tissus en liquide amniotique déprotéiné et purifié (1951, milieu qui ne provient cependant que de l'organisme), sont toutes à divers degrés artificielles. A supposer qu'elles fournissent de façon régulière des virus de virulence élevée, elles seront toujours susceptibles de provoquer des variations imprévisibles des qualités de ces virus.

Par contre, la méthode de culture *in vivo*, sur animal réceptif, est naturelle et sûre. Cependant, tous les procédés essayés pour la culture massive *in vivo* du virus aphteux, depuis 1897, à part celui de M. Belin (1925) qui fournit un virus aphteux impur en concurrence avec le virus vaccinal, n'ont pas eu d'utilisation, parce que les exigences biologiques n'étaient pas strictement respectées.

Nous avons appliqué à la Vache, espèce naturellement très sensible au virus

de la fièvre aphteuse et chez laquelle ce virus conserve ses propriétés, la méthode de culture *in vivo* des virus en très grande abondance, sur embryome spécifique géant, décrite par l'un de nous ([1]). Cette méthode crée les conditions de milieu tissulaire spécifique exigées par les virus pour leur multiplication; le milieu est adapté et entretenu par l'organisme lui-même.

Expériences. — La pulpe d'implantation consiste en fins fragments de tissus épithéliaux, principalement la peau de fœtus de Vache. Cette pulpe aseptique convenablement diluée est injectée à la Vache, soit dans la cavité péritonéale, soit sous la peau. Les animaux en bonne santé supportent parfaitement l'injection de plusieurs litres de cette suspension. Celle-ci s'organise rapidement en un très volumineux embryome, tandis que l'organisme réagit par la production d'une ascite ou d'un œdème sous-cutané énorme. L'analyse histologique montre qu'il s'agit d'une sorte de culture de tissus immense, surtout épithéliale, recouvrant par exemple les deux flancs de la Vache, sur une épaisseur de plus de 10 cm.

Après un délai d'environ trois jours, nécessaire à l'organisation de l'embryome spécifique géant, l'animal reçoit une inoculation de virus aphteux dans la muqueuse linguale. La généralisation aphteuse s'étend avec la même rapidité et la même intensité que chez les animaux non préparés. C'est alors que l'on prélève à la fois l'embryome que l'on broie, et la sérosité. La quantité de matière virulente brute récoltée dépasse de beaucoup la quantité injectée; elle peut atteindre et excéder 15 kg par Vache. Les qualités du virus pur obtenu dépendent de la composition de la suspension tissulaire, de la souche virulente et du moment du prélèvement.

Nous avons, en trois campagnes différentes, implanté de la sorte 48 Vaches. 38 ont été inoculées avec le virus O (O_1 ou O_2), et 10 avec le virus A_5. La sérosité peut être aussi virulente que le broyat tissulaire. A part six expériences correspondant à nos essais préliminaires, toutes les Vaches préparées correctement ont fourni un virus pur très hautement pathogène, dont la virulence, chaque fois titrée sur Vache, peut atteindre les taux de 10^{-8} (virus O) et 10^{-6} (A_5). La vitesse et l'étendue de la généralisation sont analogues à celles de la souche d'origine.

En outre, nous indiquerons seulement, pour le moment, que notre virus aphteux de culture *in vivo* est antigénique et permet d'obtenir la vaccination antiaphteuse.

Ainsi, par une méthode simple et sûre, dans des conditions naturelles, le rendement d'une seule Vache en virus aphteux est accru, à titre égal, de plus de 300 fois.

([1]) J.-André Thomas, *Comptes rendus*, 235, 1952, p. 518.

CHIMIE BIOLOGIQUE. — *Chromatographie de partage sur papier de l'héparine en solutions aqueuse et plasmatique.* Note de M. **Darius Molho** et M[me] **Lucie Molho-Lacroix**, présentée par M. Maurice Javillier.

La chromatographie de partage sur papier a permis de constater la présence dans une héparine commerciale, de deux fractions diversement actives. La réaction de métachromasie avec le bleu de toluidine utilisée comme méthode de révélation, alliée à la chromatographie, devient une réaction spécifique des héparinoïdes anti-coagulants. Au sein du plasma l'héparine apparaît combinée aux globulines et albumines.

L'héparine, jusqu'ici préparée à partir du poumon de Bœuf et dont le mécanisme d'action comme anticoagulant n'est pas encore parfaitement élucidé, a soulevé entre autres problèmes : 1° celui de son hétérogénéité; 2° celui de son état au sein du plasma (état libre ou combiné). Nous avons pensé que l'utilisation de la méthode de chromatographie de partage sur papier, qui, à notre connaissance, n'a pas encore été appliquée à l'héparine, pourrait sur ces questions nous donner d'utiles renseignements.

Alors que Charles et Todd ([1]) ne décèlent dans l'héparine qu'un seul composé, Kuizenga et Spaulding ([2]), Jensen et coll. ([3]) et Jorpes et Goodall ([4]) entre autres, séparent l'héparine en plusieurs fractions plus ou moins actives. Nous avons utilisé la chromatographie de partage en une dimension avec comme révélateur le bleu de toluidine en solution aqueuse à 0,015 g %, vaporisée sur le papier. L'héparine apparaît sous forme d'une tache rose violacée sur le papier uniformément coloré en bleu. Fait intéressant, parmi tous les dérivés étudiés positifs au bleu de toluidine (esters sulfuriques des polysaccharides), seuls sont anticoagulants ceux qui migrent au cours de la chromatographie comparablement à l'héparine. Les corps inactifs, quoique métachromasiques (alginate de Na, gélose) se déplacent d'une façon différente.

Le système de solvant qui nous a donné les meilleurs résultats renferme une partie d'alcool *n*-propylique pour 1,5 partie d'eau.

Dans ces conditions et à 20°, les chromatogrammes obtenus avec des concentrations de l'ordre de 5 γ d'héparine Roche, révèlent deux taches, l'une très intense de Rf 0,57, l'autre plus faible de Rf 0.

([1]) *Biochem. J.*, 34, 1940. p. 112.

([2]) *J. Biol. Chem.*, 148, 1943, p. 641.

([3]) *J. Biol. Chem.*, 174, 1948, p. 265.

([4]) *J. Biol. Chem.*, 176, 1948, p. 267.

Les essais biologiques (mesure du pouvoir antithrombine sur plasma et mesure du temps de Howell) effectués parallèlement après élution confirment ce résultat : l'héparine Roche contient deux fractions bien différentes, l'une, celle qui migre, est en plus grande quantité et de pouvoir anti-coagulant plus intense, l'autre, non entraînée, est très faiblement active (environ 1/25 de l'activité totale).

A l'appui de ces constatations, signalons que l'héparine Roche a une bande d'absorption dans l'ultraviolet à 270 mμ, ce qui paraît incompatible avec sa structure. Effectivement, après chromatographie, la fonction qui a migré ne possède plus cette bande.

Ces données acquises, nous nous sommes demandé ce que devenait l'héparine introduite dans un plasma. En effet, selon Fischer ([5]), l'héparine se trouve dans le sang à l'état libre pour la plus grande part, alors que Jaques ([6]), suggère qu'elle est liée aux protéines. La chromatographie effectuée sur une solution d'héparine (5γ) dans le plasma oxalaté (1/1000 de centimètre cube) dans les conditions précédentes nous donne au bleu de toluidine un Rf de zéro; nous avons utilisé alors le système acétone une partie, eau une partie pour lequel l'héparine en solution aqueuse a un Rf 0,91. Le mélange plasma-héparine donne ainsi deux taches très nettes, l'une de Rf 0,67, l'autre de Rf 0. L'héparine conjuguée au plasma apparaît donc modifiée quant à ses propriétés de migration. Nous avons également cherché à révéler parallèlement les protéines du plasma avec la ninhydrine : nous avons ainsi reconnu deux taches violettes, l'une de Rf 0,67, que nous avons vérifié être composée par les albumines, l'autre de Rf 0 constituée par les globulines, et cela en présence comme en l'absence d'héparine. Par conséquent l'héparine ne modifie pas sensiblement les propriétés migratrices de ces protéines. Elle est simplement entraînée par elles à l'état de combinaison. Les essais biologiques correspondants, après élution (action antithrombine sur le plasma), nous indiquent qu'environ 1/5 de l'héparine est combinée aux globulines et 4/5 aux albumines. Si l'on augmente la concentration d'héparine dans le plasma (10 à 15γ par goutte), il apparaît une troisième tache d'héparine libre (Rf 0,91), ce qui indique que le plasma a dépassé son degré de saturation en héparine.

Après élution, la combinaison albumine-héparine, bien qu'active sur le plasma, n'a pas d'action antithrombine sur le fibrinogène pur (Armour), pas plus que l'héparine seule. Ce fait semble signifier que dans ce cas le cofacteur plasmatique ([7]), ([8]), indispensable à l'activité de l'héparine, ne se trouve pas

---

(5) *Biochem. Zeit.*, **278**, 1935, p. 133.

(6) *Biochem. J.*, **37**, 1943, p. 185.

(7) A. J. Quick, *Amer. J. Physiol.*, **123**, 1938, p. 712.

(8) D. Molho et J. Cotte, *Bull. Soc. Chim. Biol.*, **33**, 1951, p. 312.

en quantité suffisante. Effectivement, il faut au minimum dix fois plus de plasma que dans l'essai envisagé pour que l'action antithrombine de l'héparine se manifeste sur le fibrinogène pur. Le fait que dans nos expériences, pour des doses infimes de plasma (1/1000 de centimètre cube), les protéines soient capables de retenir des quantités énormes d'héparine (5 γ), nous incite à penser que le cofacteur agit non pas en se copulant à l'héparine, laquelle paraît s'associer beaucoup plus facilement aux globulines et aux albumines, mais en sensibilisant le fibrinogène.

CHIMIE BIOLOGIQUE. — *Les produits de désamination des acides diaminés par la* L-*diamino-acide-déshydrogénase du foie de Dindon.* Note (*) de MM. **Paul Boulanger** et **Roger Osteux**, présentée par M. Maurice Lemoigne.

Après réduction catalytique du composé résultant de l'action de la L-diamino-acide-déshydrogénase du foie de Dindon sur la L-lysine, on décèle en chromatographie sur papier bidimensionnel la présence de l'acide pipécolinique; la L-ornithine conduit de même à une substance de comportement identique à celui de la proline; ces constatations sont en faveur de la nature cyclique des produits de désamination.

Dans une Note précédente [1] nous avons montré que le foie de Dindon contenait une L-diamino-acide-déshydrogénase très active, catalysant la désamination oxydative des acides diaminés : la réaction comporte, par molécule d'amino-acide, une molécule d'ammoniaque formée et une demi-molécule d'oxygène consommée. Nous avons pu, dans le cas de l'histidine, mettre en évidence l'acide α-cétonique correspondant, par chromatographie sur papier de sa dinitrophénylhydrazone; au contraire, toutes les tentatives dans ce sens ont échoué pour la lysine, l'ornithine et l'arginine. Aussi avions-nous émis l'hypothèse d'une cyclisation du produit de désamination, selon la réaction ci-contre.

Le processus serait le même pour la L-ornithine, qui conduirait à un acide Δ_1-pyrroline-carboxylique, réduit par l'hydrogène en proline.

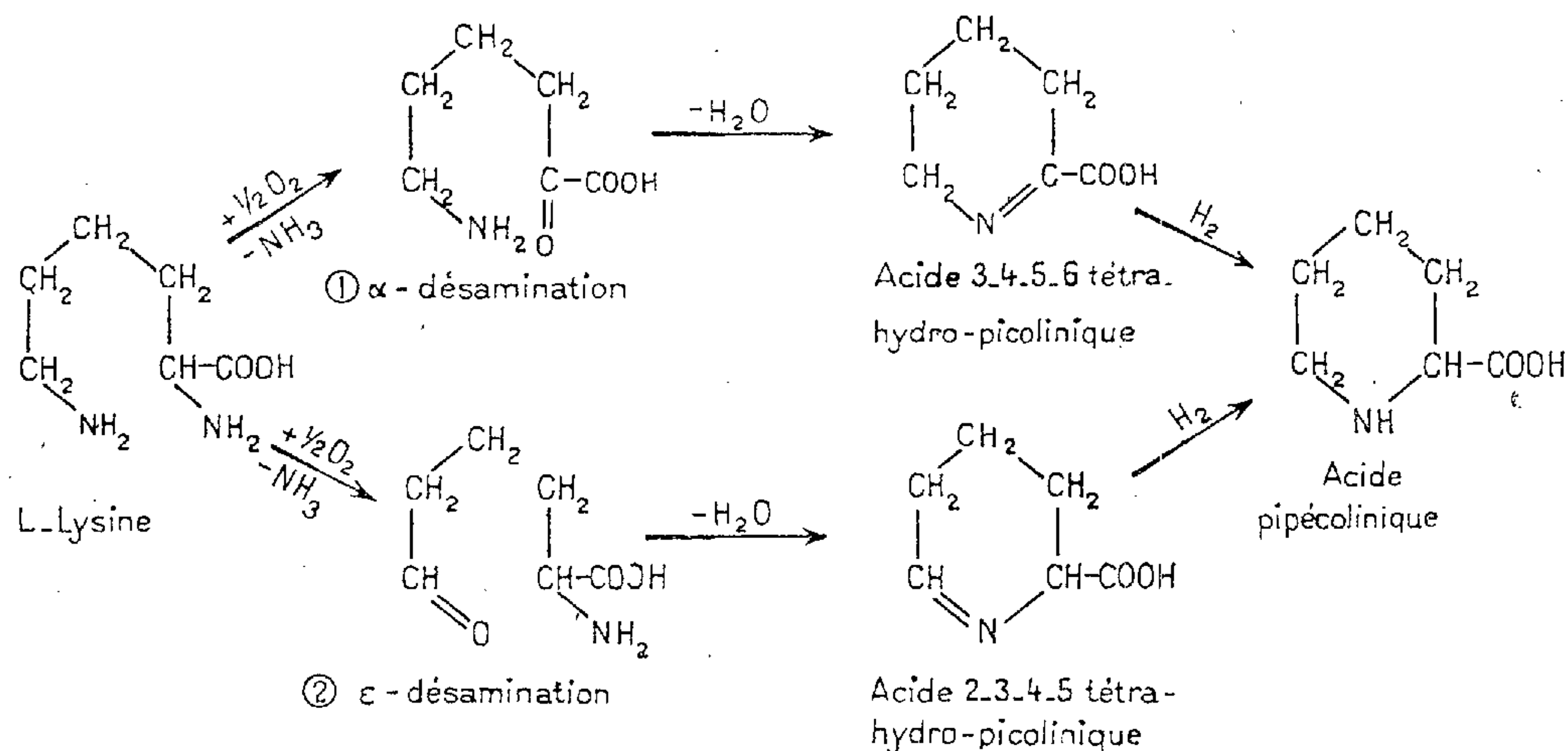
Nous apportons en faveur de cette conception les arguments expérimentaux suivants :

Le mélange provenant de l'action, sur 30 μM de L-lysine, de 3 ml d'extrait de poudre acétonique de foie de Dindon (préparé selon le mode opératoire antérieurement décrit) [1] est traité par dix fois son volume d'alcool absolu acidifié par 1 % (en volumes) d'acide acétique cristallisable. On filtre, on évapore le filtrat à siccité sous pression réduite et l'on

(*) Séance du 4 août 1952.

(1) *Comptes rendus*, 234, 1952, p. 1409.

reprend le résidu par 5 ml d'eau distillée. Une fraction de la solution ainsi obtenue est soumise à une réduction catalytique par l'hydrogène sous 3 atm, en présence de noir de platine ou de nickel de Raney, à la température du laboratoire, pendant 5 h. Après filtration, la solution réduite est chromatographiée sur papier en deux dimensions, dans les systèmes-solvants butanol/acide acétique et phénol (NH_3). Un témoin est effectué dans des conditions identiques avec l'extrait de foie de Dindon en l'absence de L-lysine.



La révélation du chromatogramme à la ninhydrine fait apparaître dans la zone de la proline une tache bleue, relativement fugace, de $R_F = 0,44$ dans le butanol acétique et 0,88 dans le phénol. Ces caractéristiques correspondent exactement à celles de l'acide pipécolinique. Une tache analogue, mais cinq à dix fois moins intense, se retrouve dans le chromatogramme-témoin. Des chromatogrammes surchargés avec des doses variées d'acide pipécolinique pur (²) nous ont permis d'estimer la proportion formée dans l'essai à 80 % environ, rapportés au poids de L-lysine mis en œuvre.

Nous avons effectué les mêmes expériences avec la L-ornithine : dans ce cas, le réactif à l'isatine révèle sur les chromatogrammes une tache dont la coloration et la position sont exactement celles de la proline, et dont l'intensité est quatre à cinq fois plus forte dans l'essai que dans le témoin.

La preuve définitive de la formation des composés intermédiaires ne pourra évidemment être fournie que par leur isolement et leur identification complète, mais les résultats que nous présentons, joints à nos constatations antérieures, permettent déjà de considérer comme très probable le schéma réactionnel que nous avons proposé.

(²) M. R. I. Morrisson nous a envoyé un échantillon d'acide pipécolinique pur.

CHIMIE BIOLOGIQUE. — *Sur les sécrétions odorantes de quelques fourmis.* Note de M. **Robert Stumper**, présentée par M. Maurice Caullery.

L'examen anatomique des fourmis, surtout l'étude classique de Ch. Janet, a révélé, dans le corps de ces insectes, la présence d'un système étendu de glandes exocrines, dont on ne connaît cependant que partiellement les fonctions exactes.

A côté des glandes vénénifiques abdominales, on a observé des glandes céphaliques, thoraciques et cutanées; les dernières, aux sécrétions lipoïdiques, jouent manifestement un rôle important dans la reconnaissance olfactive mutuelle des fourmis et dans les phénomènes complexes de la myrmécobiose, notamment l'adoption des myrmécobiontes par leurs hôtes. Alors que l'odeur spécifique de la plupart des fourmis demeure imperceptible à l'odorat humain, d'autres exhalent des senteurs caractéristiques. Ainsi la fourmi tropicale *Megaponera fœtens* (la fourmi-cadavre) répand une odeur fétide, perceptible même à distance.

D'autres ne manifestent des émanations particulières, aromatiques ou éthérées plus ou moins agréables, que si on les écrase.

Dans cette Note préliminaire nous donnons les premiers résultats d'un examen chimique sommaire de certaines fourmis odorantes de nos régions. Cet examen devra être poursuivi par des recherches ultérieures, mettant en œuvre des méthodes plus délicates et mieux appropriées.

Le but principal de cette Communication est d'attirer l'attention des biochimistes sur ces problèmes, qui ont revêtu, depuis la découverte d'un principe antibiotique et insecticide dans les glandes anales de l'*Iridomymex humilis* par M. Pavan [1], un intérêt dépassant largement le cadre de la myrmécologie.

a. Sécrétions anales. — Chez les fourmis de la sous-famille des *Dolichodérines*, l'appareil vénénifique est rudimentaire et il est remplacé par des glandes anales, dont les sécrétions plus ou moins odorantes servent à la défense.

Ainsi, quand elle est irritée, la petite fourmi thermophile *Tapinoma erraticum*, laisse échapper de la pointe de l'abdomen une fine gouttelette laiteuse et gluante.

Ce latex présente une odeur éthérée agréable, apparentée à celle de la mélisse (citronnelle), mais il n'est pas exclu que d'autres glandes en sécrètent également.

---

[1] *Z. Hygiène*, 134, 1952, p. 136-161 (résumé des recherches de cet auteur).

72 ♀♀ de cette espèce, au poids total de 73 mg (= 1,04 mg par individu), ont été soumis à une analyse sommaire, notamment à une extraction à l'éther sulfurique à froid. Le corps de ces fourmis a la composition suivante :

Eau	42,9 %
Matières protéiques + chitine	15,7 %
Matières grasses + principe odorant	28,1 %

L'extrait éthéré renferme des matières grasses et la totalité du principe odorant solubilisé, mais cette extraction dépose également un produit blanchâtre, gélatineux et inodore, dont le poids représente 13,3 % du corps des fourmis. L'extrait éthéré, après évaporation du solvant, fait apparaître une matière grasse brunâtre, très fortement odorante et se résinifiant rapidement à l'air, même à température ordinaire. Le principe odorant paraît être très volatil et facilement altérable par oxydation.

b. *Sécrétions céphaliques.* — Les ouvrières de *Lasius fuliginosus* (sous-famille des Camponotines) exhalent une forte odeur aromatique très particulière, plutôt désagréable à forte concentration, mais assez agréable à l'état dilué. Le principe odorant est produit par des glandes céphaliques.

245 ☿☿, au poids total de 836,8 mg (= 3,42 mg par individu), ont donné les résultats analytiques suivants :

Eau	68,6 %
Matières protéiques + chitine	21,7 %
Matières grasses + principe odorant	9,7 %

Le résidu d'évaporation de l'extrait éthéré obtenu est une graisse oléagineuse brun foncé, renfermant l'intégralité du principe odorant. Celui-ci est plus stable et moins volatile que celui de *Tapinoma*; il présente une composante musquée ([2]).

Les mâles de *Lasius flavus* (Camponotines) sécrètent, par des glandes céphaliques, un produit éthéré à odeur agréable.

532 ♂♂ de cette espèce, au poids total de 833,5 mg (= 1,57 mg par individu), ont fourni les indications suivantes :

Eau	70,5 %
Matières protéiques + chitine	25,7 %
Matières grasses + principe odorant	3,8 %

L'extrait à l'éther renferme l'intégralité du principe odorant qui accuse un parfum terpénique, tournant par oxydation à une odeur vanillée.

([2]) Les ouvrières de *Lasis emarginatus* possèdent une odeur analogue à celle de *L. fuliginosus*, produite également par des glandes céphaliques.

Les femelles et les ouvrières de *Lasius flavus* ne produisent pas de sécrétion odorante analogue. On pourrait admettre que le principe odorant intervienne dans l'attraction sexuelle, mais des essais effectués à cet égard n'ont laissé apparaître aucun effet attractif sur les femelles *flavus* fécondées et non fécondées. Par contre, on constate que les mâles *flavus* ont une tendance à se réunir en agglomérations compactes, et il n'est pas exclu que les sécrétions odorantes y exercent un certain effet attractif. Les essais d'isolement du principe actif de ces sécrétions odorantes sont en cours.

La séance est levée à 15 h 20 m.

L. B.



ACADÉMIE DES SCIENCES.

SÉANCE DU LUNDI 8 SEPTEMBRE 1952.

PRÉSIDENCE DE M. ALBERT CAQUOT.

PLIS CACHETÉS.

A la demande de l'héritier de l'auteur, le pli cacheté accepté en la séance du 23 mai 1934 et enregistré sous le n° 10 867, est ouvert par M. le Président. Le document qui en est retiré sera soumis à l'examen de la Section de médecine et chirurgie.

DÉSIGNATIONS.

M. **AUGUSTE CHEVALIER** est désigné pour représenter l'Académie aux Cérémonies qui auront lieu, les 25, 26 et 27 octobre prochain, à Cherbourg, à l'occasion du Centenaire de la fondation de la **SOCIÉTÉ DES SCIENCES NATURELLES ET MATHÉMATIQUES DE CHERBOURG.**

CORRESPONDANCE.

M. le **SECRÉTAIRE PERPÉTUEL** signale parmi les pièces imprimées de la Correspondance :

Éphémérides nautiques ou Extrait de la Connaissance des Temps pour l'an 1953, Ouvrage publié par le **BUREAU DES LONGITUDES**, *spécialement à l'usage des Marins*.

THÉORIE DES NOMBRES. — *Empilement de sphères égales dans* R^n *et valeur asymptotique de la constante* γ_n *d'Hermite*. Note de M. **CLAUDE CHABAUTY**, présentée par M. Arnaud Denjoy.

Des propriétés des notions nouvelles de coefficients de disparité (λ, Λ) et de coefficients de calibrage (φ, Φ) des ensembles euclidiens sont établies. Elles permettent d'améliorer d'une façon, en un certain sens, définitive une inégalité connue de Blichfeldt et d'obtenir ainsi la valeur asymptotique de la constante γ_n d'Hermite.

R^n est l'espace numérique réel à n dimensions. On note $|X, Y|$ la distance euclidienne de deux points, S_n est la sphère unité $|O, X| < 1$ de mesure Ω_n

($\Omega_n^{2/n} \sim 2\pi e n^{-1}$), Σ_n sa périsphère $|O, X| = 1$. E étant un ensemble $\subset R^n$, à un nombre fini $Nb(E)$ d'éléments distincts, on pose

$$l(E) = \text{Min}\,|A, B|, \quad A \in E, \quad B \in E, \quad A \neq B;$$
$$L(E) = \text{Max}\,|A, B|, \quad A \in E, \quad B \in E; \quad \lambda(E) = L(E)\,l^{-1}(E);$$

$\rho(E)$ est le rayon de la plus petite sphère contenant E; $\varphi(E) = 2\rho(E)\,l^{-1}(E)$. Pour $U \subset R^n$ on pose

$$\Lambda(h, U) = \text{Inf}\,\lambda(E) \quad \text{et} \quad \Phi(h, U) = \text{Inf}\,\varphi(E), \quad E \subset U, \quad Nb(E) = h.$$

Pour $F \subset \Sigma_n$ on pose

$$2\psi(F) = \text{Min}\,\widehat{AOB}, \quad A \in F, \quad B \in F, \quad A \neq B;$$
$$\alpha(h, n) = \text{Sup}\,\psi(F), \quad F \in \Sigma_n, \quad Nb(F) = h.$$

On démontre aisément par récurrence sur n le

LEMME 1. — *Si* $E \subset R^n$, $L^2(E) \geqq 2(n+1)n^{-1}\rho^2(E)$.

L'inégalité élémentaire $\sum_{i \leq m} |P, A_i|^2 \geqq m^{-1} \sum_{i<j\leq m} |A_i, A_j|^2$, *cf* (¹), donne le

LEMME 2. — $\Phi^2(h, R^n) \geqq 2(h-1)h^{-1}$ (il y a égalité si $h \leqq n+1$).

LEMME 3. — $\Phi^2(h^k, U) \geqq 2(k-1)k^{-1}\Lambda^2(h, U)$.

Cela résulte du lemme 2 et du fait qu'un ensemble $E \subset U$ avec $Nb(E) = h^k$ contient un sous-ensemble F avec $Nb(F) = k$ et $l(F) \geqq \Lambda^2(h, U)\,l(E)$.

LEMME 4. — $\Phi(h, R^n) \geqq \text{Min}(2, \Phi(h, \Sigma_n))$ (en fait il y a égalité si $\Phi < 2$).

Soit $E \subset R^n$ avec $Nb(E) = h$, soit S la plus petite sphère contenant E, de rayon $\rho(E)$, de centre C. S'il existe une demi-droite issue de C contenant deux points distincts de E, $\varphi(E) \geqq 2$. Sinon il existe deux points A, B, distincts de E tels que $\widehat{ACB} \leqq 2\alpha(h, n)$. On a donc

$$\rho(E) \geqq \text{Max}(|C, A|, |C, B|) \geqq |A, B|\,\text{Min}\left(1, 2^{-1}\sin^{-1}\left(\frac{1}{2}\widehat{ACB}\right)\right) \geqq 2^{-1}\,l(E)\,\text{Min}(2, \sin^{-1}\alpha(h, n)).$$

Or si F est un ensemble à h éléments de Σ_n tel que $\psi(F) = \alpha(h, n)$, F ne peut être contenu dans une sphère de rayon < 1, donc $\varphi(F) = \sin^{-1}\alpha(h, n)$. Donc $\varphi(E) \geqq \text{Min}(2, \varphi(F))$.

LEMME 5. — $\Lambda(n+2, \Sigma_n) \geqq \sqrt{2}$, (en fait il y a égalité).

En effet dans $F \subset \Sigma_n$ et à $n+2$ éléments, on peut trouver A, B, $A \neq B$, tels que le segment AB rencontre l'enveloppe convexe des n autres points, donc on peut trouver un troisième élément $P \in F$, $P \neq A$, $P \neq B$, tel que $2\widehat{APB} \geqq \pi$, d'où $\lambda(F) \geqq \sqrt{2}$.

En utilisant les lemmes 4 et 5, on a immédiatement le

THÉORÈME 1. — $\Phi^2((n+2)^k, R^n) \geqq 4(k-1)k^{-1}$.

(¹) BLICHFELDT, *Trans. Amer. Math. Soc.*, 15, 1914, p. 227-235.

On déduit du théorème 1 et du lemme 1 que

$$A^2((n+2)^k, R^n) \geqq 2(k-1)(n+1)k^{-1}n^{-1},$$

d'autre part nous avons démontré directement

$$A^2((n+2), R^n) = 4n(3n-1)^{-1} \quad \text{et} \quad A^2((n+2)^2, R^n) \geqq \frac{3}{2}.$$

Désignons par V_s l'ensemble des points de R^n tels que $|pj_i(X)| \leqq s$. Pour $G \subset R^n$ et fini dans tout compact, nous poserons

$$D(G) = \text{pl. gr.} \lim_{s \to \infty} \{(2s)^n (\text{Nb}(G \cap V_s))^{-1}\} \quad [= \text{dét}(G), \text{ si G est un réseau}]$$

et

$$\rho(h, G) = \text{Inf} \rho(E), \quad E \subset G, \ \text{Nb}(E) = h.$$

LEMME 6. — $(h-1)D(G) \geqq \Omega_n \rho^n(h, G)$.

Cela résulte aisément de ce que, si $u(X)$ est la fonction caractéristique de la sphère ouverte $|O, X| < \rho(h, G)$ et si $a(X) = \Sigma u(X-Y)$, $Y \in G$, on a $a(X) \leqq h-1$ pour tout $X \in R^n$.

Nous noterons η_n^* (resp. η_n) la « densité maxima » des empilements (resp. des empilements réguliers) de sphères égales dans R^n, γ_n la constante d'*Hermite* pour la dimension n (plus petite constante telle que

$$0 < f(x_1, \ldots, x_n) \leqq \gamma_n (\text{discr.}(f))^{\frac{1}{n}}$$

ait une solution en x_i entiers rationnels, pour toute forme quadratique définie positive à n variables). On a trivialement

$$\eta_n \leqq \eta_n^* = \sup_G 2^{-n} l^n(G) \Omega_n D^{-1}(G) \quad \text{et} \quad 2^{-n} \gamma_n^{\frac{n}{2}} \Omega_n = \eta_n.$$

THÉORÈME 2 :

$$\eta_n^* \leqq \min_{k \text{ entier} > 0} \left\{ \frac{(n+2)^k - 1}{2n} \left(\sqrt{\frac{k}{k-1}} \right)^n \right\} < \frac{(n+2) \exp \sqrt{2n \log(n+2)}}{2^n}.$$

En effet le lemme 6 donne $\eta_n^* \leqq (h-1)\Phi^{-n}(h, R^n)$, d'où le résultat annoncé en faisant $h = (n+2)^k$ et utilisant le théorème 1, puis en prenant pour k le plus petit entier $\geqq \sqrt{n/2 \log(n+2)}$ [2].

Par un résultat connu de Minkowski, $\eta_n > 2^{-n}$. On a donc le

COROLLAIRE 1. — $\lim\limits_{n \to \infty} \eta_n^{1/n} = \lim\limits_{n \to \infty} \eta_n^{*1/n} = 2^{-n}$, $\lim\limits_{n \to \infty} \gamma_n n^{-1} = (2\pi e)^{-1}$.

---

[2] La majoration de Blichfeldt $\eta_n^* \leqq (n+2)2^{-1-n/2}$, *loc. cit.* [1] (qui est un raffinement de ce que l'on peut tirer des lemmes 2 et 6 sans connaître le reste) est plus faible que celle du théorème 1 pour n grand (dès que $n \geqq 200$ par exemple). On pourrait évidemment en tenir compte dans le théorème 1 et le corollaire 2 en y remplaçant le facteur $\exp \sqrt{2n \log(n+2)}$ par le facteur $\text{Min}(2^{n/2-1}, \exp \sqrt{2n \log(n+2)})$.

Notons θ_n^* la « densité minima » des recouvrements de R^n par des sphères égales. Rogers ([3]) a obtenu le résultat remarquable (presque évident en « doublant » le rayon des sphères d'un empilement « non enrichissable », et qui suffit à démontrer $\eta_n^* \geqq 2^{-n}$) que $\theta_n^* \leqq 2^n \eta_n^*$, on a donc le

Corollaire 2. — $\theta_n^* \leqq (n+2)\exp\sqrt{2n\log(n+2)}$; $\lim\limits_{n\to\infty} \theta_n^{*1/n} = 1$.

Nous donnerons dans une Note ultérieure des applications des mêmes considérations à d'autres problèmes de la géométrie des nombres.

PHYSIQUE MATHÉMATIQUE. — *Sur un variant intégral associé à l'équation des ondes.* Note (*) de M. **Frans H. van den Dungen**, transmise par M. Joseph Pérès.

Dans le cas de l'intégration de l'équation des ondes

$$\frac{\partial^2 u}{\partial x^2} + \frac{\partial^2 u}{\partial y^2} = \frac{1}{c^2}\frac{\partial^2 u}{\partial t^2}, \tag{A}$$

à partir des conditions initiales

$$u = f(x, y), \qquad \frac{\partial u}{\partial t} = g(x, y)$$

dans le plan $t = 0$, les fonctions f et g ayant des dérivées premières continues, désignons par S_0 l'aire finie du plan initial où f et g ne sont pas identiquement nulles; soit c_0 la courbe limite de cette aire, nous la supposons convexe, le caractère linéaire des équations nous permet de découper le domaine initial de façon qu'il en soit toujours ainsi.

Les cônes caractéristiques issus des points de c_0 délimitent dans le plan $t = \text{const.}$, une courbe enveloppe c qui entoure l'aire S lieu des points atteints à cet instant par les ondes. L'intégrale

$$V = \iint_S u\, dS$$

est une fonction linéaire du temps. C'est au sens de M. Th. de Donder un variant intégral ([1]).

Il est immédiat, en effet, que

$$\frac{dV}{dt} = \iint_S \frac{\partial u}{\partial t}\, dS, \qquad \frac{d^2V}{dt^2} = \iint_S \frac{\partial^2 u}{\partial t^2}\, dS$$

puisque u et $\partial u/\partial t$ sont nuls sur c. En tenant compte de (A), on trouve

$$\frac{d^2V}{dt^2} = c^2 \int_c \frac{\partial u}{\partial n}\, ds \tag{B}$$

([3]) *J. Lond. Math. Soc.*, 25, 1950, p. 327-331.

(*) Séance du 4 août 1952.

([1]) Th. de Donder, *Bull. Cl. Sci. Acad. Roy. Belgique*, 1913.

et cette dernière intégrale étant nulle, la propriété est démontrée. On a donc

$$\iint_S u\,dS = \iint_{S_0} f\,dS + t\iint_S g\,dS.$$

Dans le cas où le second membre de l'équation (A) est

$$\frac{1}{c^2}\frac{\partial^2 u}{\partial t^2} + au + b\frac{\partial u}{\partial t},$$

l'équation (B) est remplacée par

$$\frac{d^2 V}{dt^2} + ac^2 V + bc^2\frac{dV}{dt} = 0,$$

dont l'intégration est immédiate.

Les variants intégraux permettent de contrôler le résultat de calculs numériques d'intégration; ils s'étendent sans difficulté à un nombre quelconque de variables spatiales. Lorsque le domaine d'intégration est limité et qu'il faut tenir compte de conditions aux limites, l'emploi de variants intégraux exige la séparation de u en onde directe et en ondes réfléchies.

PHYSIQUE MATHÉMATIQUE. — *Sur les relations entre les densités de valeur moyenne des grandeurs physiques attachées aux particules de spin* 1/2. Note (*) de Mme **Judith Winogradzki**, présentée par M. Louis de Broglie.

Il existe deux relations quadratiques indépendantes — l'une scalaire, l'autre vectorielle ($n = 4$) — entre les densités de valeur moyenne des grandeurs physiques irréductibles auxquelles correspondent des opérateurs n'agissant que sur la variable de spin. On en déduit les relations entre les densités de valeur moyenne des grandeurs physiques d'un jeu complet comprenant, comme cas particulier, les relations de Pauli-Kofink.

Nous étudions dans cette Note les relations entre les densités de valeur moyenne des grandeurs physiques, attachées aux particules de spin 1/2, auxquelles correspondent des opérateurs n'agissant que sur la variable de spin. Les relations linéaires entre les densités de valeur moyenne sont identiques aux relations linéaires entre les grandeurs physiques elles-mêmes ([1]). Il résulte des formules de structure des spineurs associés aux densités de valeur moyenne ([2]) qu'il existe deux relations quadratiques indépendantes entre les densités de valeur moyenne des grandeurs physiques irréductibles : une relation scalaire et une relation vectorielle ($n = 4$). Soient $AS(\alpha)$, $BS^k(\beta)$ et $CS^{lkm}(\gamma)$ les densités de valeur moyenne des grandeurs physiques de rang 0, 1 et des

(*) Séance du 1er septembre 1952.

([1]) J. Winogradzki, *Comptes rendus*, 235, 1952, p. 505 (désigné ici par II).

([2]) J. Winogradzki, *Comptes rendus*, 235, 1952, p. 463 (désigné ici par I).

grandeurs physiques antisymétriques de rang 2. $S(\alpha)$, $S^{k}(\beta)$, $S'^{km}(\gamma)$ sont les tenseurs associés aux spineurs $s(\alpha)$, $s_{\dot{k}m}(\beta)$, $s'_{\dot{k}m\dot{p}q}(\gamma)$ (²). On a

$$(a)\qquad 4S(\alpha_1)S(\alpha_2)+4\frac{\cos(\alpha_1-\alpha_2)}{\beta_1+\beta_2}S_k(\beta_1)S^k(\beta_2)$$
$$+\cos[(\alpha_1+\alpha_2)-(\gamma_1+\gamma_2)]S'_{km}(\gamma_1)S'^{km}(\gamma_2)$$
$$+\sin[(\alpha_1+\alpha_2)-(\gamma_1+\gamma_2)]S'_{km}(\gamma_1)S'^{km}\left(\gamma_2+\frac{\pi}{2}\right)=0,$$

$$(b)\qquad S'_{km}(\alpha)S^k(\beta)=S(\alpha)S_m(-\beta).$$

Dans un système de référence orthonormal réel (³), les équations (a) et (b) peuvent s'écrire, en vertu de l'équation (I.6) ou (II.2)

$$(a')\qquad 4S(\alpha_1)S(\alpha_2)+4\frac{\cos(\alpha_1-\alpha_2)}{\beta_1+\beta_2}S_k(\beta_1)S^k(\beta_2)$$
$$+\cos[(\alpha_1+\alpha_2)-(\gamma_1+\gamma_2)]S'_{km}(\gamma_1)S'^{km}(\gamma_2)$$
$$+\sin[(\alpha_1+\alpha_2)-(\gamma_1+\gamma_2)]\frac{1}{2}\delta_{kmpq}S'^{km}(\gamma_1)S'^{pq}(\gamma_2)=0$$
$$\frac{1}{2}\delta_{kmpq}S'^{mp}\left(\alpha+\frac{\pi}{2}\right)S^q(\beta)=S(\alpha)S_k(-\beta),$$

où

$$(b')\qquad \delta_{kmpq}=\begin{cases}0 \text{ si deux indices au moins sont égaux;}\\ 1 \text{ si } kmpq \text{ forment une permutation paire;}\\ -1 \text{ si } kmpq \text{ forment une permutation impaire.}\end{cases}$$

Remplaçons les paramètres qui figurent dans les équations précédentes par ceux de cinq grandeurs physiques formant un jeu complet (⁴); et ceci de toutes les manières possibles. On obtient ainsi six équations scalaires et quatre équations vectorielles. Ce système (Σ) est équivalent à chacun des huit systèmes suivants, formés de deux équations scalaires et de deux équations vectorielles.

Les deux équations scalaires sont :

$$(1)\qquad \frac{1}{8}\delta_{kmpq}S'^{km}\left(\alpha+\frac{\pi}{2}\right)S'^{pq}\left(\alpha+\frac{\pi}{2}\right)=S(\alpha)S\left(\alpha+\frac{\pi}{2}\right),$$

et l'une des deux équations

$$(2),(3)\qquad \mp S_k(\pm 1)S^k(\pm 1)=[S(\alpha)]^2+\left[S\left(\alpha+\frac{\pi}{2}\right)\right]^2.$$

(Le premier numéro se rapporte à l'équation contenant les signes supérieurs. De même dans ce qui suit.)

Les deux équations vectorielles sont :

$$(4),(5)\qquad S'_{km}\left(\alpha+\frac{\pi}{2}\right)S^k(\pm 1)=S\left(\alpha+\frac{\pi}{2}\right)S_m(\mp 1);$$

ou

$$(6),(7)\qquad \frac{1}{2}\delta_{kmpq}S'^{mp}\left(\alpha+\frac{\pi}{2}\right)S^q(\pm 1)=S(\alpha)S_k(\mp 1);$$

ou équations (4) et (6); ou équations (5) et (7).

(³) Il serait aisé de généraliser.

La quatrième équation de chacune de ces équations vectorielles peut être déduite de ses trois premières équations et d'une quelconque des autres équations vectorielles complètes.

Les équations du système (Σ) ne figurant pas parmi les équations précédentes sont :

(8) $$S_k(1)\,S^k(-1)=0,$$

conséquence immédiate de chacune des équations vectorielles;

(9), (10) (11), (12)
$$\left\{\begin{aligned} &4\,|\,S(\alpha)|^2 \pm 2S_k(\pm 1)S^k(\pm 1) - S'_{km}\left(\alpha+\frac{\pi}{2}\right)S'^{km}\left(\alpha+\frac{\pi}{2}\right)=0,\\ &4\left[S\left(\alpha+\frac{\pi}{2}\right)\right]^2 \pm 2S_k(\pm 1)S^k(\pm 1) + S'_{km}\left(\alpha+\frac{\pi}{2}\right)S'^{km}\left(\alpha+\frac{\pi}{2}\right)=0,\end{aligned}\right.$$

système équivalent au système des équations (2), (3) et

(13) $$\frac{1}{2}S'_{km}\left(\alpha+\frac{\pi}{2}\right)S'^{km}\left(\alpha+\frac{\pi}{2}\right)=[S(\alpha)]^2-\left[S\left(\alpha+\frac{\pi}{2}\right)\right]^2$$

que l'on peut déduire, par exemple, des équations (1), (4) et (6).

Le système (Σ) est formé des équations (1) à (12), à l'exclusion des équations (2) et (3).

Dans le cas particulier $\alpha=0$, on retrouve les identités quadratiques classiques reliant les deux invariants fondamentaux, les densités de valeur moyenne du courant d'Univers, du spin et de sa quatrième composante, des moments magnétique et électrique ([4]).

PHYSIQUE THÉORIQUE. — *Diffusion magnétique multiple.* Note de M. **Érik Alfsen**, présentée par M. Louis de Broglie.

A partir des équations de la diffusion multiple, on calcule l'indice de réfraction d'un faisceau de neutrons dans un milieu ferromagnétique, ce milieu étant décrit par un vecteur induction $\langle\vec{B}\rangle_{moy}$. L'indice de réfraction comporte un terme d'origine nucléaire et un terme d'origine magnétique qui donne un phénomène de double réfraction.

Les équations fondamentales de la diffusion multiple ([1]), ([2]) s'écrivent :

(1) $$\psi(\vec{r})=\varphi(\vec{r})+\sum_j(E-H)^{-1}T(\vec{r}_j;\,s_j)\,\psi^j(\vec{r}),$$

(2) $$\psi^s(\vec{r})=\varphi(\vec{r})+\sum_{j\neq s}(E-H)^{-1}T(\vec{r}_j;\,s_j)\,\psi^j(\vec{r}).$$

([4]) L. de Broglie, *L'électron magnétique*, Paris, 1934, p. 161, 189, 220, 221; W. Pauli, *Ann. Inst. Henri Poincaré*, fasc. II, vol. VI, 1936, p. 109; W. Kofink, *Ann. Phys.*, 30, 1937, p. 91 et 38, 1940, p. 421; O. Costa de Beauregard, *Thèse*, Paris, 1943, p. 56; G. Petiau, *La Revue Scientifique*, 83, 1945, p. 37 et *J. Math.*, 25, 1946, p. 335; E. Durand, *J. Math.*, 28, 1949, p. 1.

([1]) Melvin, Lax *Rev. Mod. Phys.*, 1951, p. 1.

([2]) Foldy, *Phys. Rev.*, 67, 1945, p. 107.

L'onde cohérente vérifie l'équation

$$\langle\psi(\vec{r})\rangle = \varphi(\vec{r}) + (\mathrm{E}-\mathrm{H})^{-1}\sum_{i}\int \rho(\vec{r}_j;\, s_i)\, d\vec{r}_i\, ds_j\, \mathrm{T}(\vec{r}_i;\, s_i)\langle\psi^j(\vec{r})\rangle_j.$$

Pour la diffusion nucléaire l'on a ([3])

$$(3)\qquad \psi(\vec{r}) = \varphi(\vec{r}) + \sum \frac{e^{ik|\vec{r}-\vec{r}_j|}}{|\vec{r}-\vec{r}_j|}\,\Omega^j_{\mathrm{N}}\,\psi^j_s(a_0\eta_0 + a_1\eta_1),$$

$$(4)\qquad \eta_0 = \frac{i - 2\,\vec{i}.\vec{s}}{2i+1}, \qquad \eta_1 = \frac{(i+1)\,2\,\vec{i}.\vec{s}}{2i+1}.$$

χ^j_s et Ω^j_{N} sont les fonctions de spin incidentes du neutron et du noyau sur le $j^{\text{ième}}$ diffuseur. Si l'on a affaire à plusieurs isotopes :

$$\Omega^j_{\mathrm{N}} = \Sigma_p \Omega^j_{\mathrm{N}_p} b_p \qquad \text{avec} \quad \Sigma_p |b_p|^2 = 1,$$

où $\Omega^j_{\mathrm{N}_p}$ décrit l'état de spin et $|b_p|^2$ l'abondance relative du $p^{\text{ième}}$ isotope. Seule la partie cohérente de l'onde diffusée par chaque noyau peut donner lieu à des phénomènes d'interférence. En tenant compte du fait que le spin du noyau est orienté au hasard, on a

$$(5)\qquad \psi(\vec{r}) = \varphi(\vec{r}) + \sum_{i} \frac{e^{ik|\vec{r}-\vec{r}_j|}}{|\vec{r}-\vec{r}_j|}\,\Lambda\,\chi^j_{\mathrm{S}}\Omega^j_{\mathrm{N}}$$

avec

$$(6)\qquad \Lambda = \Sigma_p |b_p|^2 (2i_p+1)^{-1}[\,i_p a^p_0 + (i_p+1)\,a^p_1\,].$$

En remplaçant dans (5) la sommation par une intégration et en supposant que l'onde incidente sur le $j^{\text{ième}}$ diffuseur est égale à l'onde totale on est amené à prendre pour l'onde cohérente totale une constante de propagation donnée par :

$$k'^2 = k^2 + 4\pi n \Lambda.$$

Dans le cas de la diffusion magnétique d'un neutron par un ion le potentiel d'interaction s'écrit :

$$(7)\qquad \mathrm{V} = \frac{1}{4\pi}\sum_{i=1}^{n}\int \mathrm{H}_e(\vec{r}_i).\vec{\mathrm{H}}_n(\vec{r}_i - \vec{r})\, d\tau_i,$$

où $\vec{\mathrm{H}}_n$ et $\vec{\mathrm{H}}_e$ sont les champs magnétiques créés respectivement par le neutron et les électrons. On a

$$(8)\qquad \vec{\mathrm{H}}_n(\vec{r}_i - \vec{r}) = \mathrm{rot}_i \vec{\mathrm{A}}_n = -\,\mathrm{rot}_i \frac{\vec{\mu}_n \times (\vec{r} - \vec{r}_i)}{|\vec{r} - \vec{r}_i|^3}.$$

([3]) Halpern et Johnson, *Phys. Rev.*, 55, 1939, p. 898.

L'intégrale dans (5) est alors divergente, pour éviter cela on porte l'expression (8) dans (7) et après une intégration par parties on trouve

(9) $$V = -\sum_{i=1}^{n} \int \mathrm{rot}_i \vec{H}_a(\vec{r}_i) . \frac{\vec{\mu}_n \times (\vec{r} - \vec{r}_i)}{|\vec{r} - \vec{r}_i|^3} d\tau_i.$$

L'onde difffusée magnétiquement s'écrit alors

(10) $$\psi_{\mathrm{mag}} = -\frac{M}{2\pi\hbar^2} \int \frac{e^{ik|\vec{r}-\vec{r}'|}}{|\vec{r} - \vec{r}'|} e^{i\vec{k}'.\vec{r}'} (-\vec{\mu}_n . \vec{B}(\vec{r}' - \vec{r}_i)) \chi \, dr'.$$

Dans cette expression nous avons remplacé l'onde incidente sur le $j^{\text{ième}}$ diffuseur par l'onde totale que l'on pose égale à $e^{ik'r}\chi$, portons l'expression (10) de l'onde diffusée dans l'équation (1)

(11) $$\psi(\vec{r}) = \varphi(\vec{r}) + \frac{M}{2\pi\hbar^2} \sum_j \int \frac{e^{ik|\vec{r}-\vec{r}'|}}{|\vec{r} - \vec{r}'|} e^{i\vec{k}'.\vec{r}'} \vec{\mu}_n . \vec{B}(\vec{r}' - \vec{r}_j) \chi \, d\tau'.$$

En appliquant aux deux membres de cette équation l'opérateur $\nabla^2 + k^2$ on obtient

(12) $$(\nabla^2 + k^2)\psi(\vec{r}) = \frac{2M}{\hbar^2} \sum_j \int \delta(\vec{r} - \vec{r}') e^{i\vec{k}'.\vec{r}'} \vec{\mu}_n . \vec{B}_a(\vec{r}' - \vec{r}_j) \, d\tau'.$$

Si l'on suppose les diffuseurs répartis d'une manière continue on peut remplacer la somme qui figure dans (11) par une intégrale dans tout l'espace où se trouvent les diffuseurs. On voit alors que l'onde totale $\psi(\vec{r})$ se propage avec un vecteur de propagation donné par l'expression

(13) $$k'^2 = k_\pm^2 \pm \frac{2M}{\hbar^2} \langle \vec{B} \rangle_{\mathrm{moy}}.$$

Nous n'avons pas considéré jusqu'à maintenant la diffusion par le noyau, celle-ci introduit un terme qui fait que (13) s'écrit

$$k'^2 - k_\pm^2 = \frac{2M}{\hbar^2} \left[C \pm \mu \langle \vec{B} \rangle_{\mathrm{moy}} \right],$$

en général C est positif, ce qui donne lieu à un phénomène de biréfringence. Les deux angles de réflexion totale correspondants seront donnés par :

$$\theta_\pm = \left(\frac{2M}{\hbar^2 k^2} \right)^{\frac{1}{2}} [C \pm \mu \langle B \rangle_{\mathrm{moy}}]^{\frac{1}{2}}.$$

SPECTROSCOPIE. — *Analyse de certaines bandes de vibration-rotation de la molécule* OH. Note de MM. **Georges Déjardin**, **Joseph Janin** et **Maurice Peyron**, présentée par M. Jean Cabannes.

Nous avons poursuivi l'étude des bandes de vibration-rotation de OH présentes dans le spectre de la flamme oxyacétylénique. Certaines identifications résultant de nos observations préliminaires [1] paraissent incertaines ou même incorrectes, par suite de la faible dispersion des spectrogrammes et de l'intervention, dans les calculs, des constantes de rotation de Sponer. Nous avons repris l'étude de la même région spectrale à l'aide d'un appareil à réseau, la dispersion linéaire sur les clichés étant voisine de 20 Å/mm. D'autre part, les nombres d'ondes théoriques ont été calculés en admettant, pour les constantes moléculaires, les valeurs plus sûres de Dieke et Crosswhite [2]. L'expression donnant les termes de doublets est celle de Hill et van Vleck [3], complétée en tenant compte de l'influence de la force centrifuge

$$\begin{matrix}F_1\\F_2\end{matrix}(J) = B_v\left[\left(J+\frac{1}{2}\right)^2 - \Lambda^2 \mp \frac{1}{2}\sqrt{4\left(J+\frac{1}{2}\right)^2 + \frac{A}{B_v}\left(\frac{A}{B_v}-4\right)\Lambda^2}\right] - D_v\left[\begin{matrix}J^4\\(J+1)^4\end{matrix}\right].$$

Nous avons, dans ces conditions, analysé les bandes de la séquence $v'-v''=4$. La structure de la bande (4,0) est indiquée, à titre d'exemple, dans le tableau ci-dessous.

Les composantes des doublets de spin sont séparées dans les branches P et Q et pour les premiers termes de la branche R. Le dédoublement Λ de la composante P_1 est observé pour plusieurs raies de la branche P.

Il nous a paru commode de faire intervenir dans le tableau le nombre quantique K, même pour les niveaux inférieurs de rotation, en posant $J=K+1/2$ pour F_1 (état $^2\Pi_{3/2}$) et $J=K-1/2$ pour F_2 (état $^2\Pi_{1/2}$). Les nombres d'ondes calculés correspondent à la valeur de ν_0 indiquée en tête du tableau, l'origine ν_0 de la bande étant définie par la relation $\nu=\nu_0+F'(J')-F''(J'')$, dans laquelle F' et F'' sont les termes de rotation des niveaux supérieur et inférieur.

Bande (4,0).

$\nu_0 = 13\,291,5$ cm^{-1}; constante de couplage $A = -139,7$;
$B_4 = 15,729$; $D_4 = 0,00182$; $B_0 = 18,515$; $D_0 = 0,00187$.

---

(1) *Comptes rendus*, 234, 1952, p. 1866.

(2) *Bumblebee Series Report*, n° 87; the Johns Hopkins University, novembre 1948.

(3) *Phys. Rev.*, 32, 1928, p. 250-272.

Branche P.

$\lambda_{air, obs.}$	$\nu_{obs.}$	K.		$\nu_{calc.}$
7557,7 Å..	13227,9	P_2	2	13227,6
7571,7...	13203,4	P_1	2	13203,5
7586,3...	13178,0	P_2	3	13177,8
7598,6...	13156,7	P_1	3	13157,3
7618,2...	13122,8	P_2	4	13122,6
7628,7...	13104,7	P_1	4	13105,2
7653,3...	13062,6	P_2	5	13062,5
7662,4...	13047,1	P_1	5	13047,6
7691,9...	12997,1	P_2	6	12997,0
......(a).	....	P_1	6	....
7733,7...	12926,9	P_2	7	12926,7
7740,6...	12915,4	P_1	7	12915,5
7779,2...	12851,3	P_2	8	12851,3
7785,2...	12841,6	P_1	8	12841,6
7828,3...	12770,6	P_2	9	12770,6
7833,6...	12762,0	P_1	9	12762,2
7881,3...	12684,8	P_2	10	12685,0
7885,6...	12677,9	P_1	10	12677,6
7886,7...	12676,1			
7937,9...	12594,3	P_2	11	12594,7
7941,5...	12588,6	P_1	11	12588,0
7942,9...	12586,4			

$\lambda_{air, obs.}$	$\nu_{obs.}$	K.		$\nu_{calc.}$
7998,5 Å..	12498,9	P_2	12	12499,1
8001,7...	12493,9	P_1	12	12493,1
8003,1...	12491,7			
8062,4(b).	12399,9	P_2	13	12398,8
8066,2...	12394,0	P_1	13	12393,4
8067,7...	12391,7			
8131,2...	12294,9	P_2	14	12293,6
8135,2...	12288,9	P_1	14	12288,7
8136,6...	12286,8			
8204,8...	12184,6	P_2	15	12183,6
8207,5...	12180,6	P_1	15	12179,0
8209,5...	12177,6			
8282,8...	12069,9	P_2	16	12069,3
8284,9...	12066,8	P_1	16	12064,9
8287,0...	12063,8			
8367,0...	11948,4	P_2	17	11949,5
8369,8(c).	11944,5	P_1	17	11945,6
8453,9(d).	11825,6	P_2	18	11825,4
8456,8...	11821,6	P_1	18	11821,8

Branche Q.

7523,4 Å.	13288,2	Q_2	1	13288,8
7524,0...	13287,1	Q_1	1	13287,3
7529,5...	13277,4	Q_2	2	13278,9
7530,4...	13275,8	Q_1	2	13275,5
7538,6...	13261,4	Q_2	3	13262,8
7539,7...	13259,5	Q_1	3	13258,5
7550,3 Å.	13240,9	Q_2	4	13240,9
7567,1...	13211,5	Q_2	5	13213,3
		Q_1	5	13208,4
7586,2...	13178,2	Q_2	6	13179,9
7608,0...	13140,4	Q_2	7	13141,1
7609,4...	13138,0	Q_1	7	13136,4

Branche R.

7461,5 Å.	13398,5	R_1	5	13399,1
7462,6...	13396,5	R_1	4	13396,9
		R_2	5	13395,9
		R_1	6	13395,7
		R_2	6	13393,9
7465,1...	13392,0	R_2	4	13391,6
7466,8...	13388,9	R_1	3	13389,5
7468,2...	13386,4	R_1	7	13386,4
		R_2	7	13385,7
7470,7...	13381,9	R_2	3	13381,1
7473,5...	13376,9	R_1	2	13376,2
7476,4...	13371,7	R_2	8	13371,8
		R_1	8	13371,7
7480,2 Å.	13365,0	R_2	2	13363,8
7483,6...	13358,9	R_1	1	13359,4
7487,9...	13351,2	R_2	9	13351,3
		R_1	9	13351,1
7493,8...	13340,0	R_2	1	13340,1
7502,9...	13324,5	R_2	10	13324,9
		R_1	10	13324,4
7521,0...	13292,4	R_2	11	13292,6
		R_1	11	13291,9
7542,3...	13254,9	R_2	12	13254,2
		R_1	12	13253,3

(a) Superposition avec raie 7699,0 du potassium; (b) Superposition avec (5,1) $P_1(5)$; (c) Double; (d) Double, superposition avec (6,2) $P_2(4)$.

CHIMIE PHYSIQUE. — *Étude radiocristallographique de l'hydruration du lanthane*. Note de M. **Bertrand Dreyfus-Alain**, transmise par M. Charles Mauguin.

L'étude physico-chimique des produits d'association de l'hydrogène avec des métaux du groupe des terre rares, tels que le cérium et le gadolinium, a montré qu'ils présentent le caractère de véritables combinaisons chimiques bien qu'ils ne soient pas stœchiométriquement définis ([1]). Dans le cas du lanthane, Muthmann et Kraft ([2]) ont attribué à l'hydrure, qui se présente sous l'aspect pulvérulent, la composition LaH_3. Une étude plus récente de R. Viallard et P. Jaszczyn ([3]) a confirmé dans le cas de la variété isotopique l'existence d'un composé de formule voisine de LaD_3.

Il est intéressant de relier ces résultats aux données de l'étude radiocristallographique de ce type de combinaison. A. Rossi ([4]) a indiqué que le lanthane chauffé en présence d'hydrogène présente une structure cubique à faces centrées, avec un paramètre qui varierait de 5,62 à 5,70 Å suivant les conditions opératoires. P. Jaszczyn et R. Viallard ([5]) ont vérifié que l'hydrure de lanthane possède effectivement, malgré son apparence amorphe, une structure cristalline.

Nous avons repris l'étude radiocristallographique de l'hydruration du lanthane avec une installation mieux adaptée à ce genre de recherches, en utilisant comme métal un échantillon de lanthane mis à notre disposition par F. Trombe et dont la pureté était supérieure à 99 %, avec comme seule impureté possible quelques pour mille de silicium ([6]). Cette étude a été effectuée par la méthode de Debye-Scherrer avec une chambre de 85,94 mm de diamètre. Le rayonnement utilisé est le rayonnement K_α du cuivre, filtré par une feuille de nickel. Le métal réduit à l'état de limaille présente une structure hexagonale compacte ayant pour paramètre du réseau $a = 3{,}735 \pm 0{,}010$ Å avec $c/a = 1{,}62$. Le diagramme caractéristique de la structure cubique à faces centrées coexiste partiellement sur les clichés; le paramètre est $a = 5{,}30$ Å. Le diagramme caractéristique du réseau de l'hydrate de lanthane tel que l'ont précisé S. Barbezat et J. Loriers ([7]), se manifeste également. La présence de

---

([1]) R. Viallard, Thèse, *Ann. Chim.*, 1945, p. 1-70.

([2]) *Ann.*, **325**, 1902, p. 261.

([3]) *Comptes rendus*, **228**, 1949, p. 485.

([4]) *Atti del IV Congresso nazionale de chimica pura et applicata*, 1933, p. 593; *Nature*, **133**, 1934, p. 174.

([5]) Communication privée, 1948.

([6]) F. Trombe, *Comptes rendus*, **194**, 1932, p. 1653.

([7]) *Comptes rendus*, **234**, 1952, p. 1979.

cet hydrate, qui s'explique par une faible hydratation du métal pendant le limage de l'échantillon au contact de l'air ambiant, n'est pas gênante pour la suite du travail.

Lorsque l'échantillon microcristallin, préalablement placé sous vide, est maintenu en contact prolongé avec de l'hydrogène sous une pression de quelques centimètres de mercure, aucune modification de la structure cristalline ne se manifeste et aucune absorption de l'hydrogène n'a lieu, même après 24 jours. Le même échantillon, chauffé en présence d'hydrogène, réagit rapidement dès 185° C, température inférieure à celles observées par les auteurs cités : 200° C ([2]) et 249° C ([4]). Ces variations pourraient correspondre à un effet d'induction comparable à celui observé parfois lors de l'hydruration à froid du cérium ([1]). Aucune nouvelle absorption n'a lieu lorsque l'hydrure est porté à une température plus élevée.

L'hydrure formé est caractérisé par une distribution des atomes métalliques suivant un réseau cubique à faces centrées dont la maille a pour paramètre $a = 5,685 \pm 0,005$ Å. Le diagramme correspondant à l'hydrate de lanthane a disparu. Une seconde structure cubique à faces centrées apparaît à côté de la structure initiale A, lorsque l'hydrure saturé, primitivement formé, est maintenu pendant quelques heures sous un vide de l'ordre de 10^{-4} mm de Hg. Cette nouvelle structure, B, est plus dilatée que la précédente. Sa maille a pour paramètre $a = 5,865 \pm 0,010$ Å. En maintenant le produit sous vide dans un domaine de température compris entre 25° C et 300° C, il est possible de faire évoluer une structure aux dépens de l'autre. Selon Rossi, le paramètre cristallin varie de façon continue avec la température de préparation du produit; la structure la plus dilatée correspondrait au composé le moins riche en hydrogène ([4]). Nos résultats sont en contradiction avec la première affirmation de cet auteur : les structures A et B sont toujours caractérisées par les paramètres a_A et a_B. Il est probable que les deux réseaux observés correspondent à deux hydrures distincts. A côté des groupes de raies caractéristiques des deux structures A et B, apparaissent sur les diagrammes quelques raies supplémentaires dont la présence n'est pas encore interprétée.

Structure caractérisée.	Système réticulaire des atomes La.	Paramètre du réseau (a Å).	Rayons atomiques r(Å).	Volume relatif des réseaux métalliques.
Lanthane α....	hex. c. $\frac{c}{a} = 1,62$	$3,73_5$	$1,87_5$	1
	(Rossi $\frac{c}{a} = 1,61$)	(Rossi : 3,757)		
Lanthane β....	cub. f. c.	$5,30_0$ (Rossi : 5,296)	$1,87_4$	$0,999_5$
Hydrure A....	cub. f. c.	$5,68_5$ (Rossi : 5,62)	$2,01_0$	$1,05_8$
Hydrure B....	cub. f. c.	$5,86_5$ (Rossi : 5,62 à 5,70)	$2,07_4$	$1,16_1$

Les conclusions de cette étude sont résumées dans le tableau ci-dessus, où figurent à titre comparatifs les résultats publiés par A. Rossi.

RADIOCHIMIE. — *Oxydation radiochimique du sulfate ferreux en présence d'hydrocarbures et d'alcools*. Note de MM. **Maurice Cottin**, **Moïse Haissinsky** et Mme **Catherine Vermeil**, présentée par M. Louis de Broglie.

Nous avons récemment observé (1) des variations considérables du rendement ionique de l'oxydation de Fe^{++} [3 cm³ de $(NH_4)_2Fe(SO_4)_2$ à 5.10^{-3} M] en solution acide (H_2SO_4 0,8 N) irradié en présence d'air aux rayons X mous (anticathode de Mo) par addition de 0,1 cm³ de divers hydrocarbures. En présence de benzène, hexane, xylène ou cyclohexane, par exemple, et avec une intensité de 7400 r/m le rendement G (nombre d'ions oxydés par 100 eV) passe de 20, valeur normale, à environ 35 pour une durée d'irradiation de 1 mn. Avec la prolongation de celle-ci, le rendement moyen diminue et devient inférieur à la valeur normale; par exemple 15,6 après 10 mn avec le benzène ou le cyclohexane, 9,2 après 1 h avec l'hexane. Lorsque l'intensité d'irradiation est beaucoup plus faible, telle qu'on peut la réaliser avec les rayons γ de 400 mC de Ra (7 et 1,8 r/mn), l'augmentation initiale du rendement est, pour une dose totale égale, bien plus grande que dans le cas des rayons X. Nous avons obtenu des valeurs de G aussi élevées que 110 avec le cyclohexane, 80 avec le benzène.

L'augmentation du rendement radiochimique de l'oxydation de $FeSO_4$ par les rayons γ (de Rd-Co) a été déjà observée par Dewhurst (2) en présence d'*alcools* éthylique, propylique et amylique. Il nous a semblé alors intéressant d'examiner les effets de ce type de composés sur l'oxydation par rayons X. Les résultats de nos mesures sur des solutions de Fe^{++} 5.10^{-3} M sont reproduits dans la figure, où le nombre des molécules oxydées en présence de divers alcools est donné en fonction de la dose absorbée. Les courbes montrent que :

1° Comme dans le cas des hydrocarbures, l'augmentation initiale du rendement est rapidement suivie d'une diminution. Après 30 mn d'irradiation, par exemple, on a G = 13 avec l'heptanol, 9,8 avec le pentanol et 3,8 avec le cyclohexanol.

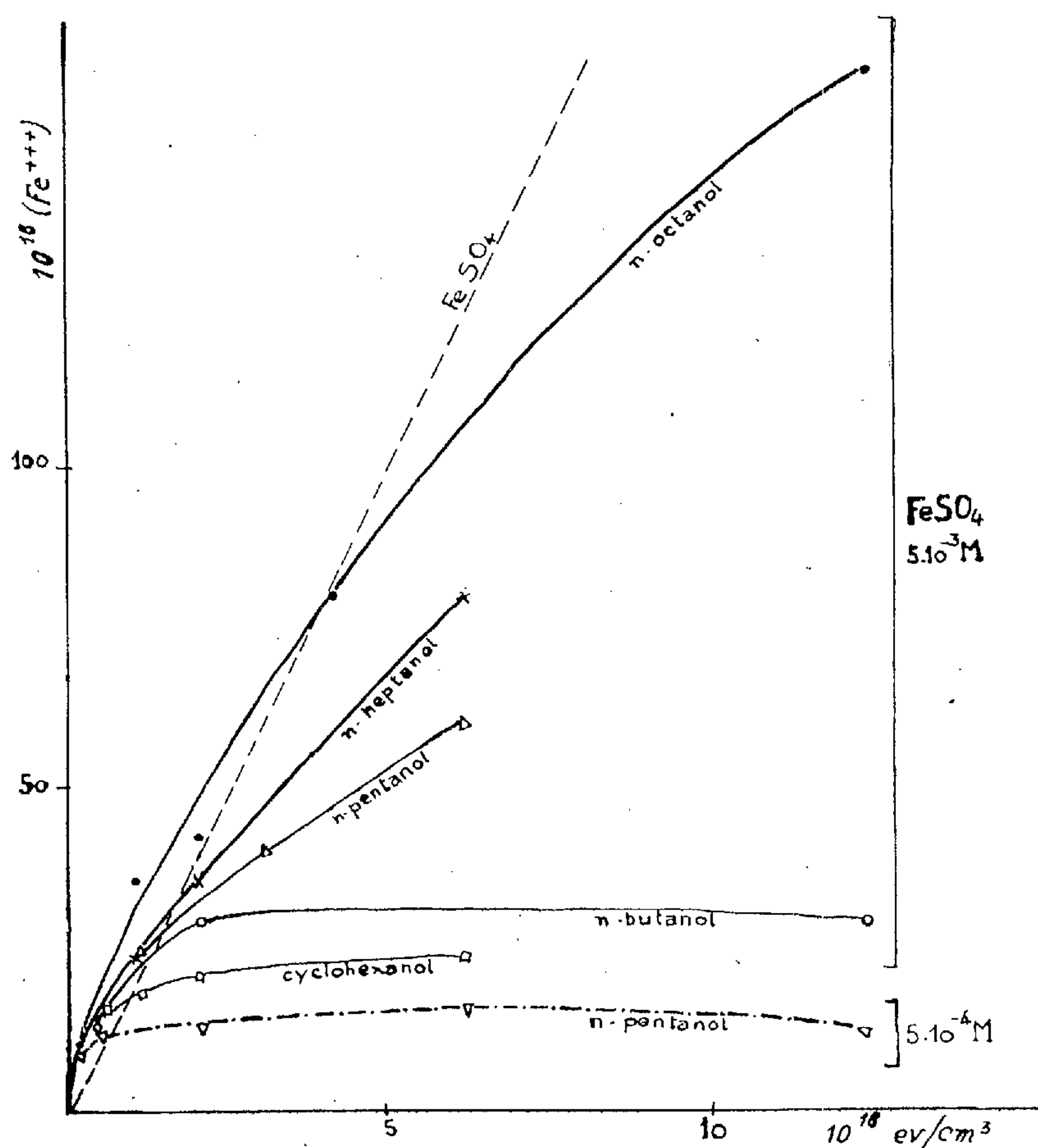
2° La variation de G croît avec la diminution du poids moléculaire de l'alcool.

3° Les effets sont plus marqués pour le cyclohexanol que pour les alcools aliphatiques à chaîne droite.

---

(1) *J. Chim. Phys.*, 49, 1952, p. 437.
(2) *J. Chem. Phys.*, 19, 1951, p. 1328.

4° La quantité oxydable tend vers une valeur-limite qui décroît avec le poids moléculaire de l'alcool. Pour vérifier si l'on peut réaliser une oxydation radiochimique complète de Fe^{++} en présence des alcools, nous avons irradié des solutions beaucoup plus diluées de cet ion ($0,5 . 10^{-3}$ M) en présence de de *n*-pentanol. La courbe inférieure de la figure montre que non seulement le rendement a beaucoup diminué ($G = 2,6$ après 3 mn; 1,0 après 1 h), mais que l'oxydation est arrêtée à 40 % environ. Il est même possible qu'elle soit suivie d'une faible réduction de Fe^{+++} initialement formé.



Nous poursuivons l'étude cinétique de ces phénomènes, mais nous pouvons dès maintenant faire les remarques suivantes :

a. On doit s'attendre à ce que les composés organiques étudiés par nous puissent jouer, suivant les concentrations et probablement d'autres conditions, le rôle soit de *protecteurs* soit *d'accélérateurs* radiochimiques.

b. Le sulfate ferreux étant actuellement très souvent utilisé en dosimétrie chimique, des soins particuliers doivent être pris pour éviter la présence de

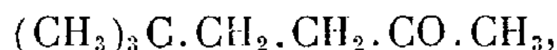
traces organiques. Quelques résultats contradictoires qu'on rencontre dans la bibliographie sur ce sujet pourraient s'expliquer par ces effets .

c. Selon Kolthoff et Medalia ([3]), des composés organiques *oxygénés* font augmenter le rendement d'oxydation de $FeSO_4$ par l'eau oxygénée à l'aide de réactions en chaîne avec intervention de peroxydes. Dewhurst ([2]) a utilisé le même mécanisme pour expliquer ses résultats radiochimiques avec les alcools. Si ce point de vue est adopté, nos expériences montreraient que le même type de réaction se produit avec les hydrocarbures. De plus, la réaction accélérerait l'oxydation de $FeSO_4$ seulement si la concentration des peroxydes est faible. Avec l'accumulation de ces intermédiaires, ils réagiraient plus facilement entre eux et cette compétition conduirait à une diminution de l'oxydation. Cet aspect du problème pourrait évidemment avoir des conséquences biochimiques importantes.

CHIMIE ORGANIQUE. — *Sur la réaction de Willgerodt en série aliphatique.* Note (*) de MM. **René Heilmann, Gabriel de Gaudemaris** et **Rudolf Heindl**, transmise par M. Marcel Delépine.

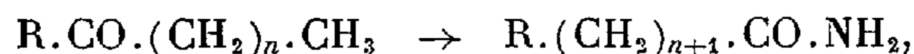
Les auteurs ont montré qu'il est possible d'utiliser la réaction de Willgerodt à la préparation d'acides aliphatiques avec d'excellents rendements. Le chlorure de l'acide néopentylacétique ainsi obtenu a permis de préparer des alcoylnéohexyl-cétones.

Après la préparation, par synthèses organo-cadmiennes ([1]) de cétones possédant le groupe néopentyle, il était naturel de chercher à obtenir des cétones de la forme



$$(CH_3)_3C.CH_2.CH_2.CO.CH_3,$$

peu de substances renfermant le groupe néohexyle étant connues. Cela impliquait la préparation préalable de l'acide néopentylacétique, dont nous avons effectué la synthèse à partir de la méthylnéopentylcétone, au moyen de la réaction de Willgerodt ([2]). Celle-ci, qui conduit en fait à une amide, consiste, on le sait, dans le traitement, à température élevée, d'une cétone par le polysulfure d'ammonium, en présence ou non de solvant :



$$R.CO.(CH_2)_n.CH_3 \rightarrow R.(CH_2)_{n+1}.CO.NH_2,$$

le rendement étant maximum pour les méthylcétones ([3]). Bien que le méca-

([3]) *J. Amer. Chem. Soc.*, 71, 1949, p. 3774 et 3784.

(*) Séance du 4 août 1952.

([1]) R. Heilmann et G. de Gaudemaris, *Comptes rendus*, 233, 1951, p. 874.

([2]) Adams, *Organic Reactions*, Wiley, New-York, Vol. III, 1949, p. 83.

([3]) Cavalieri, Pattinson et Carnack, *J. Amer. Chem. Soc.*, 67, 1945, p. 1783.

nisme de cette réaction soit mal connu, il est certain qu'il ne se produit aucun réarrangement du squelette carboné ([4]).

Cette synthèse des acides n'a jusqu'ici été pratiquement employée qu'en série aromatique. Le présent travail montre qu'elle peut tout aussi avantageusement être mise à profit en série aliphatique.

La réaction est ordinairement effectuée en tube de Carius, pratique qui ne se prête guère à l'obtention de quantités tant soit peu importantes. Aussi avons-nous opéré dans un autoclave en acier inoxydable de 3 l, muni d'une bonne agitation interne. Nous avons déterminé systématiquement les conditions optima de la réaction, et notamment la température et la durée du chauffage, en effectuant des essais préliminaires sur la méthylisobutylcétone qui nous a fourni un rendement de 60 % en isocapronamide. Nous nous sommes dès lors arrêtés au mode opératoire suivant :

Un litre de polysulfure d'ammonium (préparé à partir de 400 g de soufre, *cf.* réf. 2, p. 92) 150 cm^3 de méthylnéopentylcétone, 750 cm^3 de dioxane et 100 g de soufre en poudre sont chauffés à 180-185° pendant 3 h. Après évaporation au bain-marie, l'extrait sec est épuisé en six opérations successives par 1 800 cm^3 d'eau bouillante. La solution aqueuse est décolorée par ébullition avec 2 % de charbon activé puis, après filtration, concentrée au bain-marie.

La néopentylacétamide ([5]) précipite par repos à la glacière F 140-141°; Rdt 88 %.

Cette amide est remarquablement difficile à hydrolyser. Des essais effectués avec de la potasse et de l'acide sulfurique dans les conditions habituelles n'ayant donné que de très faibles rendements, nous avons eu recours à la méthode de Bouveault :

A une molécule d'amide dissoute dans six fois son poids d'acide sulfurique concentré, on ajoute avec précautions 1,1 molécule de nitrite de sodium en solution aqueuse concentrée. Le mélange s'échauffe et l'on observe un violent dégagement d'azote. L'addition terminée, on dilue avec un égal volume d'eau et maintient l'ébullition pendant 1 h. Le rendement est de 85 % en acide néopentylacétique : $É_5$ 83-85°, $É_{15}$ 100-102°.

Par action du chlorure de thionyle et redistillation sur quinoléine, on obtient avec un rendement de 70 % le chlorure de néopentylacétyle : $É_2$ 58°.

Préparation d'alcoylnéohexylcétones. — La condensation du chlorure de néopentylacétyle avec les composés organo-cadmiens est effectuée dans les conditions précédemment décrites ([1]). Les cétones obtenues avec des rendements de 40 à 50 % sont des liquides incolores et d'odeur très agréable.

([4]) BROWN, CERWONKA et ANDERSON, *J. Amer. Chem. Soc.*, 73, 1951, p. 3735.

([5]) MOUREU et DELANGE, *Bull. Soc. Chim.*, 29 (3), 1903, p. 665.

MÉTHYLNÉOHEXYLCÉTONE : $É_{14}$ 59,5-61°; n_D^{20} 1,4190. *Dinitro-2-4 phénylhydrazone* F 96°,5. Dosage d'azote : calculé pour $C_{14}H_{20}N_4O_4$, 18,18; trouvé, 17,65 %.

BUTYLNÉOHEXYLCÉTONE : $É_{15}$ 91,5-93°,1; n_D^{20} 1,4269. *Dinitro-2-4 phénylhydrazone* F 41°,5. Dosage d'azote : calculé pour $C_{17}H_{26}N_4O_4$, 16 %; trouvé, 15,5 %.

CHIMIE ORGANIQUE. — *Action des organomagnésiens mixtes sur les aminobenzonitriles (o, m et p) et sur les aminobenzamides (o, m et p). Préparation des aminoacétophénones et aminobenzophénones isomères.* Note de M. **Panos Grammaticakis**, présentée par M. Marcel Delépine.

La recherche des effets des substitutions nucléaires sur le comportement de l'acide benzoïque et de ses dérivés fonctionnels (esters, amide, nitrile, etc.) envers le réactif de Grignard m'a conduit à étudier systématiquement l'action des organomagnésiens mixtes sur les composés de forme : $X.C_6H_4.Y$ (*o, m, p*) [1] [où X = OH, OR, NH_2, NHR, NRR, SH, SR, SeH, SeR, CN, CO.NH_2, C_6H_5, $SO_2.C_6H_5$, etc. et Y = CO.OR, CO.NH_2, CN, etc. (R = alcoyle)]. J'ai constaté que les comportements des composés $X.C_6H_4.Y$ et $C_6H_5.Y$ envers le réactif de Grignard ne sont pas, en général, différents.

La présente Note contient quelques résultats concernant les composés $X.C_6H_4.Y$ où X = NH_2, $NHCH_3$, $N(CH_3)_2$ et Y = CN, CO.NH_2. Ces composés chauffés, suivant les cas, de 40°—120° avec le réactif de Grignard R'MgX (R' = alcoyle, aryle, etc.) en grand excès (6-9 mol), en milieu éthéré, benzénique ou xylénique, fournissent, conformément aux réactions de Blaise et de Béïs, les aminocétones correspondantes avec d'excellents rendements.

Parmi les nombreuses cétones obtenues par ces procédés je signale, plus particulièrement, les suivantes (Rdt, en général, > 85 %).

1° *o-aminoacétophénone*, $É_{17}$ 135°. 2° *m-aminoacétophénone*, F 100°. 3° *p-aminoacétophénone*, F 106°. 4° *N.N-diméthyl-o-aminoacétophénone*, $É_{16}$ 120°. Oxime, F 84°. 5° *N.N-diméthyl-m-aminoacétophénone*, $É_{15}$ 152°, F 43°. 6° *N.N-diméthyl-p-aminoacétophénone*, F 106°. 7° *o-aminobenzophénone*, F 110°; ses dérivés : N-acétylé, F 89°; N-benzoylé, F 91°. 8° *m-aminobenzophénone*, F 87°; ses dérivés : oxime, F 156°; N-acétylé, F 132°; N-benzoylé, F 127°. 9° *p-aminobenzophénone*, F 124°. 10° *N-méthyl-o-aminobenzophénone*, F 69°. 11° *N.N-diméthyl-o-aminobenzophénone* [2], $É_{<1}$ 141-142°; oxime, F 114°.

(1) L'étude spectrale des cétones (et de leurs dérivés azotés) préparées par traitement des composés $X.C_6H_4.Y$ avec le réactif de Grignard sera publiée ultérieurement.

(2) J'ai également, préparé les N.N-diméthylaminoacétophénones et les N.N-diméthylaminobenzophénones par méthylation des aminoacétophénones (*o, m* et *p*) et aminobenzophénones (*o, m* et *p*), excepté la N.N-diméthyl-o-aminobenzophénone. Staudinger et Kon ont déjà tenté, sans succès, de préparer la N.N-diméthyl-o-aminobenzophénone non seulement par méthylation de l'o-aminobenzophénone mais aussi par l'emploi des différentes autres méthodes (*Liebig's An.*, 384, 1911, p. 102).

12° *N.N-diméthyl-m-aminobenzophénone*, $É_{16}$ 216°; F 47°. Oxime, F 134°.
13° *N.N-diméthyl-p-aminobenzophénone*, F 92°; oxime, F 154°.

Remarque. — Le N.N-diméthyl-*p*-aminobenzonitrile et le *p*-aminobenzonitrile traités respectivement avec $CH_3.MgI$ et $C_6H_5.MgBr$ donnent, dans certaines conditions, des composés insolubles dans les solvants organiques non polaires et fondant respectivement vers 235 et 280°. Ces composés, qui par action de ClH conc. à chaud fournissent les cétones correspondantes (N.N-diméthyl-*p*-aminoacétophénone et *p*-aminobenzophénone), sont très probablement des *sels d'immonium* ([3]). Il est à noter que la formation des sels d'immonium au cours de la réaction des organomagnésiens mixtes sur les arylnitriles et les arylamides peut produire une diminution du rendement de cette réaction en cétones. Car le réactif de Grignard peut, contrairement à ce que l'on observe pour le groupe $>C=N$ des cétimines ([4]) et des dérivés azotés des cétones ([5]) en général, se fixer sur la double liaison des sels d'immonium $<C=N(R).RX$.

J'ai, également, préparé, avec d'excellents rendements, les aminobenzophénones et les N.N-diméthylaminobenzophénones (*o*, *m* et *p*) par action de $NH_2.C_6H_4.MgI$ et $N(CH_3)_2.C_6H_4MgI$ (*o*, *m* et *p*) sur le benzonitrile. Mais ce procédé est plus coûteux que les méthodes exposées ci-dessus.

En résumé, l'action des organomagnésiens mixtes sur les aminobenzonitriles (*o*, *m* et *p*), les aminobenzamides (*o*, *m* et *p*) ainsi que sur leurs dérivés N-alcoylés constitue une excellente méthode de préparation des aminocétones aromatiques et arylaliphatique de forme $N(RR).C_6H_4COR''$ (où $R=H$, alcoyle; $R''=$ alcoyle, aryle), dont certaines n'ont pas été accessibles par les procédés utilisés jusqu'ici.

BIOCHIMIE VÉGÉTALE. — *Sur l'alcaloïde principal d'une Rubiacée des régions tropicales de l'Amérique du Sud : l'*Ourouparia guianensis *Aublet*. Note (*) de M. **Raymond-Hamet**, présentée par M. Auguste Chevalier.

D'après la révision taxonomique qu'Haviland ([1]) a publiée en 1897, le genre *Ourouparia*, injustement désigné par ce botaniste sous le nom d'*Uncaria*, était alors constitué par 34 espèces réparties en six sections. Jusqu'ici ce sont seulement des espèces de trois de ces sections, la troisième, la quatrième et la cinquième, qui ont fait l'objet d'une étude

---

([3]) L'étude de ces sels ainsi que du mécanisme de leur formation est en cours.
([4]) Produits intermédiaires de l'action des organomagnésiens sur les aminobenzonitriles et, très probablement, des benzamides.
([5]) *Comptes rendus*, 223, 1946, p. 804.

(*) Séance du 4 août 1952.
([1]) G. D. Haviland, *Journ. of the Linn. Soc. Bot.*, 33, 1897, p. 1-94.

chimique. En effet, c'est à la troisième qu'appartient l'*Ourouparia Gambir* (Roxburgh) Baillon dont nous avons extrait un alcaloïde sympathicolytique, la gambirine et une base dépourvue de cette activité et caractérisée par l'insolubilité dans l'eau de son sulfate, que nous nous proposons de décrire prochainement sous le nom d'Ourouparine. C'est dans la quatrième qu'est rangé l'*O. Kawakamii* (Hayata) Raymond-Hamet dont Kondo a isolé l'hanadamine. Enfin, c'est la cinquième section qui réunit l'*O. rhynchophylla* (Miquel) Matsumura dont Kondo a extrait la rhynchophylline et l'*O. formosana* Matsumura et Hayata dans lequel nous avons découvert la formosanine.

Grâce à M. le Directeur de la Proefstation de Paramaribo (Guyane Hollandaise), nous avons pu entreprendre l'étude chimique d'un *Ourouparia* de la sixième section, l'*O. guianensis* Aublet que nous avions toujours vainement tenté d'obtenir de la Guyane française où Martin cependant en a récolté des échantillons d'herbier près de Cayenne. Les 12 kg de tiges et de feuilles de cet *Ourouparia* que nous avons reçus de ce correspondant avaient été recueillis dans la forêt vierge à Zanderij I, soit à 44 km au Sud de Paramaribo. Les indigènes de la région le désignent sous le nom de « Popokai-nangra », c'est-à-dire d' « Ongle de perroquet » et les créoles en utilisent la décoction pour le traitement des affections intestinales des jeunes enfants.

La drogue pulvérisée, puis imbibée de solution aqueuse de carbonate de potassium a été extraite au Soxhlet par de la benzine. La liqueur benzénique fut évaporée sur une solution aqueuse d'acide oxalique. Cette dernière fut filtrée après refroidissement. Le filtrat alcalinisé par le carbonate de potassium fut extrait par le chloroforme. La solution chloroformique évaporée à sec laissa un résidu pesant 42 g. Celui-ci fut dissous dans une petite quantité d'acétone où l'on recueillit après 24 h une masse cristalline pesant 11 g. Après avoir été recristallisé plusieurs fois dans l'acétone, l'alcaloïde fut finalement dissous à chaud dans l'alcool éthylique; après refroidissement, on sépara par filtration le voile cristallin qui s'était formé, puis par concentration du filtrat on obtint, à l'état de pureté, l'alcaloïde cristallisé.

Cet alcaloïde a fourni des résultats microanalytiques qui s'accordent parfaitement avec ceux qu'on a obtenus avec la rhynchophylline :

	Alcaloïde de l'*Ourouparia guianensis*.		Rhynchophylline.	
%.		Moyenne.		Moyenne.
C	68,53-68,79	68,66	68,67-68,86-68,88	68,80
H	7,22-7,29-7,45	7,32	7,24-7,30-7,56	7,36
N	7,39-7,44	7,41	7,41-7,47	7,44
OCH_3	15,50-15,95	15,72	15,87-15,92	15,89

Valeurs exigées pour la formule $C_{22}H_{28}N_2O_4$:

C : 68,72; H : 7,34; N : 7,29; $2OCH_3$: 16,14.

Le point de fusion de l'alcaloïde de l'*O. guianensis* est de 214°, celui de la rhynchophylline de 215-216°.

Le pouvoir rotatoire dans le chloroforme est de — 24°,2 pour la base de l'*O. guianensis*, de — 23°,6 pour la rhynchophylline.

Comme la rhynchophylline, l'alcaloïde de l'*O. guianensis* communique au réactif de Mandelin une magnifique teinte intermédiaire entre le rouge orangé et l'orangé qui passe au jaune orangé un peu rabattu de noir, au jaune vert très faiblement rabattu de noir, enfin à un très beau vert à peine rabattu de noir [2]. En présence de l'un et de l'autre de ces alcaloïdes, le réactif de Fröhde reste incolore pendant environ 15 m.

Enfin, les spectres d'absorption dans l'ultraviolet sont pratiquement identiques pour l'alcaloïde de l'*O. guianensis* et pour la rhynchophylline ainsi qu'en témoignent les courbes ci-dessous.

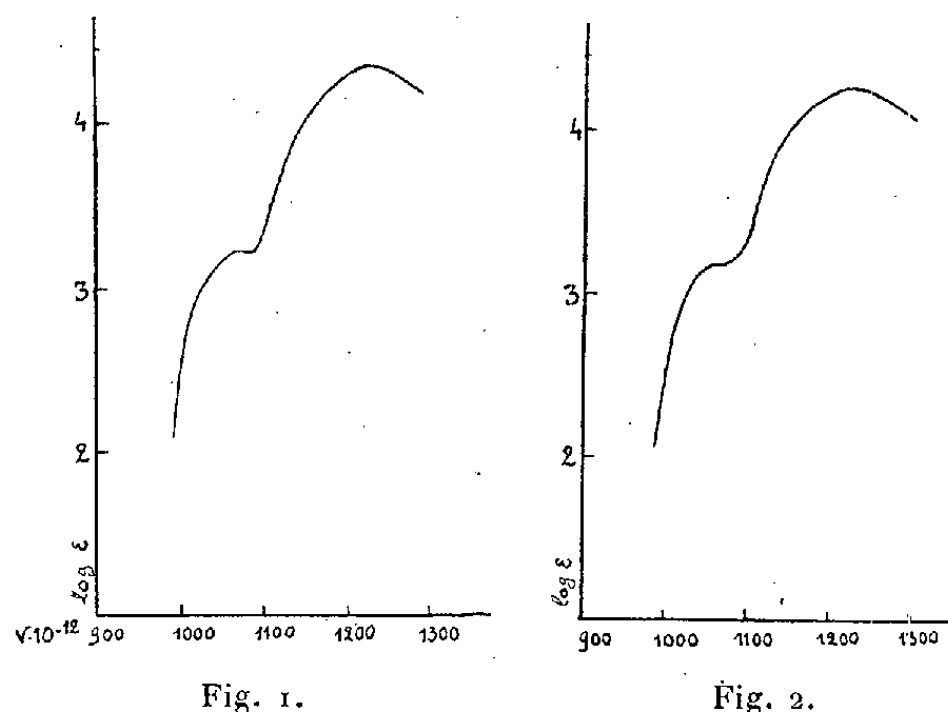


Fig. 1. Fig. 2.

Fig. 1. — Alcaloïde de l'*Ourouparia guianensis* (solution dans l'alcool). Max. : 1068, 1234. Min. : 1083.

Fig. 2. — Rhynchophylline (solution dans l'alcool). Max. : 1053, 1224. Min. : 1072.

Nous nous croyons donc en droit d'admettre que l'alcaloïde principal de l'*Ourouparia guianensis* Aublet n'est pas autre chose que la rhynchophylline que Kondo a découverte dans un *Ourouparia* de la cinquième section et que nous avons retrouvée dans trois espèces du genre Mitragyna :

---

(2) Comme d'ordinaire, les colorations sont rapportées aux types du Répertoire chromatique de Lacouture (Paris, Gauthier-Villars, 1890).

les *M. stipulosa* O. Kuntze, *M. inermis* O. Kuntze et *M. ciliata* Aubréville et Pellegrin ([3]).

CHIMIE PHYSIOLOGIQUE. — *Potentialisation des effets toxiques de l'acide pyruvique par une substance voisine complémentaire.* Note de M. **Raoul Lecoq**, présentée par M. Emmanuel Leclainche.

Déjà, nous avions été conduit à attribuer les accidents polynévritiques de l'avitaminose B_I et du déséquilibre glucidique aigu aux produits acidosiques du catabolisme lactique, spécialement à l'acide pyruvique, et Mme Dobrovolskaïa-Zavadskaïa avait montré que le béribéri expérimental du souriceau peut être provoqué par injection de pyruvate de sodium. Nos études sur l'alcoolisme chronique, nous ont ensuite amené à penser que l'acide pyruvique et d'une manière plus générale les dérivés pyruviques pouvaient aussi jouer un rôle important dans les manifestations nerveuses de l'intoxication alcoolique.

Précisément, un pyruvate sodique préparé par synthèse dans notre laboratoire (pendant la dernière guerre) se montrait capable de reproduire une intoxication brutale, très comparable à l'intoxication disulfirame-alcool, l'une et l'autre se trouvant empêchées par les enzymovitamines susceptibles d'assurer promptement le catabolisme de l'alcool. Une pyruvicémie élevée se rencontre d'ailleurs tant chez les sujets dont l'intoxication alcoolique chronique est arrivée au dernier stade d'évolution que chez les sujets atteints de cirrhose alcoolique.

Voulant approfondir l'action très particulière de l'apomorphine, qui paraît entraîner une surintoxication alcoolique, par réponse amplifiée des perturbations chronaxiques alors qu'elle inhibe les effets toxiques de la réaction disulfirame-alcool ([1]), nous avons procédé à des dosages sanguins sur des lapins soumis à une réaction disulfirame-alcool atténuée, incapable d'entraîner la mort de l'animal, en présence et en l'absence d'apomorphine. Nous avons trouvé, sous l'influence de l'apomorphine, une exagération de l'acétaldéhydémie et une atténuation de la pyruvicémie, ce qui explique l'augmentation des réactions chronaximétriques et la prévention des accidents mortels.

Tout portait à penser que le renforcement de l'imprégnation pyruvique neutraliserait les effets de l'apomorphine, dès que serait dépassé le pouvoir de protection de cette substance. C'est justement ce que nous avons observé en utilisant notre pyruvate sodique de synthèse. Un lapin adulte (de 1,8 à 2 kg)

([3]) Raymond-Hamet et Millat, *Journ. de Pharm. et de Chimie*, 8e sér., 27, 1938, p. 270; G. M. Badger, J. W. Cook et P. A. Ongley, *Journ. of the Chem. Soc.*, 1950, p. 867-873.

([1]) *Comptes rendus*, 234, 1952, p. 660.

absorbant 50 cg de disulfirame par voie buccale et recevant 55 mn après 1 cg de chlorhydrate d'apomorphine et 5 mn plus tard une injection intraveineuse de 10 cm^3 d'alcool à 25°, en soluté glucosé isotonique, meurt si on lui injecte une demi-heure après et par voie intraveineuse 17,5 cg de pyruvate, dose non toxique chez un animal n'ayant pas été soumis préalablement à la réaction disulfirame-alcool, la dose léthale étant comprise entre 20 et 25 cg. Par contre, une dose de 15 cg reste bien supportée.

Malheureusement, des résultats différents furent obtenus par injection du pyruvate de sodium pur, commercial. Les lapins supportaient alors fort bien les doses élevées du nouveau pyruvate, 30 et même 60 cg. Une telle contradiction méritait d'être étudiée et expliquée. Pour cela le contrôle de la technique mise en œuvre s'imposait. La préparation de l'acide pyruvique, selon les *Organic Syntheses*, comporte une distillation sélective effectuée dans le vide, la portion passant entre 75 et 80° étant seule recueillie. Nous nous sommes assuré que la partie distillant avant 75° n'est pas toxique, quelle que soit la dose injectée; il ne pouvait donc s'agir d'une souillure par des « produits de tête ». Le produit distillé entre 75 et 80°, neutralisé et précipité par l'alcool, perd toute toxicité s'il est longuement lavé par l'alcool sur büchner; il devient alors identique au produit commercial pur. Par contre, le produit précipité et rapidement lavé apparaît semblable à celui que nous avions préparé pendant la guerre, période où l'alcool manquait et que l'on devait utiliser parcimonieusement. Ainsi grâce à cette souillure fortuite, due à des circonstances indépendantes de notre volonté, nous avions été mis sur la voie du rôle de l'intoxication pyruvique dans le métabolisme perturbé de l'alcool.

Les liqueurs alcooliques provenant du lavage du pyruvate sodique étant évaporées sous le vide, abandonnent une faible proportion d'un corps que nous n'avons pu caractériser et que nous avons dissous dans un peu de soluté chloruré isotonique. L'injection intraveineuse de cette solution entraîne presque immédiatement chez le Lapin une crise épileptiforme, analogue à celle que nous avons décrite après injection de l'ancien pyruvate, qui s'atténue au bout de 2 à 3 mn, puis disparaît. Une injection intraveineuse de 25 cg de pyruvate sodique pur pratiqué ensuite provoque une nouvelle crise dont l'animal meurt. La faible toxicité de l'acide pyruvique se trouve ainsi « potentialisée » sous l'influence de la substance initialement injectée, que nous désignons provisoirement sous les initiales C. P. F. (complementary pyruvic factor). Ce corps, distillant dans des limites étroites et en même temps que l'acide pyruvique, nous pensons qu'il en est voisin. Aussi croyons-nous logique d'associer acide pyruvique et C. P. F. sous le nom global de « dérivés pyruviques », cet ensemble apparaissant conditionner les troubles nerveux et toxiques de l'alcoolisme chronique.

Si nous n'avons pu identifier le C. P. F., nous avons cependant trouvé un autre corps bien défini qui, à des doses plus fortes, donne des résultats

identiques. Il s'agit de l'acide malonique, dont la formule en C_3 est assez proche de celle de l'acide pyruvique. Injecté par voie intraveineuse à la dose de 40 cg cet acide (préalablement neutralisé par la soude) provoque des crises nerveuses épileptiformes impressionnantes, qui disparaissent en quelques minutes; mais l'injection intraveineuse ultérieure de 25 cg d'acide pyruvique *pur* provoque une nouvelle crise dans laquelle l'animal succombe. On assiste donc, là encore, à une curieuse potentialisation des effets toxiques de l'acide pyruvique. Ces effets, comme ceux du couple acide pyruvique-C. P. F., se trouvent neutralisés par l'injection préventive de nicotinamide-adénine, alors que l'injection préalable d'apomorphine se montre sans activité.

Conclusions. — Les phénomènes d'intoxication pyruvique, qui s'observent tant dans les crises polynévritiques que dans les manifestations nerveuses de l'alcoolisme chronique, ne doivent sans doute leur acuité qu'à la potentialisation des effets toxiques de l'acide pyruvique, soit par un dérivé encore mal connu et désigné par les initiales C. P. F., soit par l'acide malonique ou même encore par d'autres corps.

CHIMIE BIOLOGIQUE. — *Sur l'hydrolyse diastasique du saccharose : influence du glucose, du galactose, du fructose sur la vitesse d'inversion.* Note de Mme **Andrée de Grandchamp-Chaudun** et Mlle **Marie-Thérèse Moreau**, présentée par M. Maurice Javillier.

Le glucose, le galactose, le fructose inhibent nettement l'hydrolyse diastasique du saccharose, mais à des degrés qui diffèrent suivant la source de l'enzyme.

On a signalé depuis longtemps le retard apporté à l'hydrolyse diastasique des osides, saccharose notamment, par un certain nombre de substances; l'influence des produits de la réaction, et plus généralement celle des oses, a été spécialement étudiée. Distinguant entre inhibiteurs compétitifs et inhibiteurs non compétitifs, les auteurs ont proposé différentes interprétations du phénomène (1).

Laissant de côté, pour l'instant, toute question relative au mécanisme suivant lequel peuvent agir les inhibiteurs, nous nous sommes proposé de comparer les retards apportés par le glucose, le galactose et le fructose à l'hydrolyse du saccharose par deux saccharases de sources très différentes : une saccharase de levure préparée suivant la technique de Sumner et une taka-diastase en poudre, très pure, de Parke et Davis, qui nous a été procurée par M. le Professeur Courtois et son élève, M. Anagnostopoulos.

La concentration du saccharose, la même dans toutes nos expériences, était de 4,8 g %, celle des différents oses de 10 g %; la dose d'enzyme a

(1) Sumner et Mirbäck, *The Enzymes*, 1, partie I, p. 540.

TABLEAU I. — *Saccharase de levure.*

Temps (en quarts d'heure).	Poids de saccharose hydrolysé dans 100 cm³. (en grammes).			
	S.	S + Gl.	S + Gal.	S + F.
1	0,20	0,12	0,03	0,11
2	0,41	0,23	0,07	0,21
3	0,62	0,34	0,11	0,32
4	0,82	0,46	0,15	0,43
5	1,02	0,57	–	0,54
6	1,23	0,68	0,22	0,65
7	1,45	0,80	–	0,76
8	1,65	0,92	0,30	0,86
9	1,85	1,03	–	0,97
10	2,06	1,14	0,38	1,08
11	2,27	1,26	–	1,19
12	2,48	1,37	0,46	1,30
14	2,89	1,60	0,53	1,51
16	3,31	1,84	0,61	1,73
18	3,67	2,07	0,70	1,94
20	3,97	2,30	0,78	2,15
96 (24 h)	4,76	4,60	3,02	4,55
192 (48 h)	4,80	4,80	4,04	4,80
288 (72 h)	–	–	4,80	–

TABLEAU II. — *Taka-diastase Parke et Davis.*

Temps (en demi-heures).	Poids de saccharose hydrolysé dans 100 cm³ (en grammes).			
	S.	S + Gl.	S + Gal.	S + F.
1	0,24	0,13	0,15	0,18
2	0,47	0,25	0,31	0,35
3	0,70	0,37	0,46	0,53
4	0,94	0,50	0,61	0,72
5	1,17	0,62	0,75	0,90
6	1,41	0,74	0,91	1,09
7	1,64	0,87	1,06	1,28
8	1,88	1,00	1,21	1,47
9	2,11	1,12	1,36	1,66
10	2,35	1,24	1,50	1,84
11	2,58	1,37	1,65	2,02
12	2,81	1,49	1,80	2,21
13	3,02	1,62	1,96	2,40
14	3,22	1,75	2,12	2,58
48 (24 h)	4,03	3,80	3,92	4,00
96 (48 h)	4,68	4,50	4,60	4,63
144 (72 h)	4,80	4,80	4,80	4,80

été déterminée de telle manière que l'hydrolyse présente une phase assez longue de vitesse constante. Les quantités de saccharose hydrolysées à chaque instant étaient mesurées soit par polarimétrie (en se mettant à l'abri des perturbations dues à la mutarotation), soit par réduction (dosage d'après G. Bertrand).

Voici deux expériences entre autres, l'une relative à la saccharase de levure, l'autre à la taka-diastase. [S = saccharose; Gl = glucose; Gal = galactose; F = fructose (*voir* tableaux I et II)].

De l'examen de ces tableaux, deux conclusions se dégagent : d'une part, l'addition, aux solutions de saccharose soumises à l'hydrolyse, de glucose, de galactose ou de fructose ne semble pas modifier la quantité de saccharose non dédoublé qui reste dans les liqueurs quand la vitesse commence à décroître; d'autre part, le retard apporté à l'hydrolyse par les oses considérés dépend essentiellement de la source de l'enzyme : pour la saccharase de levure, les rapports entre les vitesses d'hydrolyse du saccharose seul et du saccharose additionné de glucose, de galactose ou de fructose sont respectivement de 1,7, 5,6, 1,9, en moyenne; pour la taka-diastase, on obtient 1,8, 1,5, 1,3.

CHIMIE BIOLOGIQUE. — *Action inhibitrice de l'auréomycine sur la respiration bactérienne et l'oxydation des acides du cycle citrique.* Note (*) de MM. **Roger Osteux**, **Jean Laturaze** et Mlle **Janine Bürck**, présentée par M. Maurice Lemoigne.

L'auréomycine se comporte comme un inhibiteur de la respiration chez *Escherichia coli*, *Pseudomonas aeruginosa* et *Proteus vulgaris*, alors qu'elle n'entrave pas la désamination anoxydative de la sérine et de la thréonine; l'oxydation des substrats du cycle citrique est également très diminuée, l'effet étant encore très net pour une concentration d'auréomycine 0,0005 *M*.

Dans une Note précédente deux d'entre nous ([1]) ont montré que « *la pyruvique-hydrogène-lyase* » de *Clostridium Welchii SR* 12 était profondément inhibée par l'auréomycine et que la biotine rétablissait au contraire l'action enzymatique dans son intégrité. L'auréomycine semblait donc agir comme « antibiotine » et nous avons voulu vérifier si ce caractère s'étendait aux autres processus enzymatiques auxquels participe la biotine. Lichstein et coll. ([2]) ont montré que cette vitamine intervenait dans la désamination anoxydative de la L-sérine et de la L-thréonine respectivement en acide pyruvique et en acide α-cétobutyrique. Nous avons donc réalisé les essais suivants : dans des fioles

(*) Séance du 4 août 1952.

([1]) R. Osteux et J. Laturaze, *Comptes rendus*, 234, 1952, p. 677.

([2]) H. C. Lichstein et J. F. Christman, *J. Biol. Chem.*, 175, 1948, p. 649.

manométriques de Warburg nous mesurons une solution contenant 10 μM de substrat dans du tampon phosphate M/10 de pH 7,5; dans l'appendice latéral, nous mettons 0,5 ml d'une suspension fraîche contenant 50 mg (poids frais) de *Escherichia coli* ou *Pseudomonas aeruginosa* ou *Proteus vulgaris*; atmosphère : air; température : 37°,5 C; durée : 90 mn.

Chaque essai est fait en double, l'une des 2 fioles contenant dans son appendice latéral de l'auréomycine à doses variables.

Voici un exemple des résultats obtenus :

	Sans substrat		10 μM Sérine		Id. + 2 mg Auréomycine	
	μl O_2.	μM NH_3.	μl O_2.	μM NH_3.	μl O_2.	μM NH_3.
E. Coli	178	0	411	10,2	53	9,9
Pseudomonas Ae.	167	0	387	11	4	10
Proteus	103	0	234	10,3	23	10,2

On voit que la désamination n'est pas entravée par l'auréomycine (quelle que soit la concentration), mais que la consommation d'oxygène, due surtout à l'oxydation de l'acide pyruvique formé, est considérablement diminuée. Les essais accomplis en remplaçant la sérine par des quantités équimoléculaires de pyruvate aboutissent aux mêmes résultats.

Ces observations nous ont amenés à utiliser comme substrats les acides di- et tricarboxyliques du cycle de Krebs; les chiffres ci-dessous se rapportent à *Escherichia coli*, les deux autres espèces se comportant de façon analogue.

Nos constatations peuvent se résumer ainsi :

1° l'auréomycine inhibe fortement la respiration des bactéries étudiées, aussi bien en l'absence qu'en présence des différents substrats;

2° il ne s'agit pas d'un phénomène d'imperméabilisation des membranes bactériennes, car, dans les mêmes conditions expérimentales, la désamination enzymatique de la sérine n'est pas troublée;

	Pas de substrat.	Malique.	Fumarique.	Pyruvique.	Succinique.	Oxalacétique.	Cétoglutarique.	Oxalosuccinique.	Citrique.
μl O_2 consommés en l'absence d'auréomycine	259	696	667	657	647	564	421	379	278
Différence avec le témoin sans substrat	–	437	408	398	388	305	162	120	19
μl O_2 consommés en présence de 2 mg d'auréomycine	48	56	51	183	106	87	104	104	56
Différence avec le témoin sans substrat	–	8	3	135	58	39	56	56	9

3° Il ne nous est pas encore possible de préciser si l'auréomycine bloque complètement le cycle tricarboxylique de Krebs ou empêche l'accumulation de l'un des intermédiaires; mais quel que soit son mode d'action, elle semble être un inhibiteur puissant du cycle citrique : le malonate agit, en effet, dans les mêmes conditions à la concentration minimum de 0,03 M, alors que l'auréomycine, sur la base d'un poids moléculaire de 480 pour son chlorhydrate, est encore active à la molarité de 0,0005.

La séance est levée à 15 h 30 m.

R. C.



ACADÉMIE DES SCIENCES.

SÉANCE DU LUNDI 15 SEPTEMBRE 1952.

PRÉSIDENCE DE M. ALBERT CAQUOT.

MÉMOIRES ET COMMUNICATIONS
DES MEMBRES ET DES CORRESPONDANTS DE L'ACADÉMIE.

M. le **MINISTRE DE L'ÉDUCATION NATIONALE** adresse ampliation du décret, en date du 25 juillet 1952, portant approbation de l'élection que l'Académie a faite de M. **LOUIS BAZY** pour occuper, dans la Section de médecine et chirurgie, la place vacante par le décès de M. *Henri Hartmann*.

Il est donné lecture de ce décret.

Sur l'invitation de M. le Président, M. **LOUIS BAZY** prend place parmi ses Confrères.

PHYSIQUE THÉORIQUE. — *Sur l'introduction des idées d'onde-pilote et de double solution dans la théorie de l'électron de Dirac*. Note de M. **LOUIS DE BROGLIE**.

L'auteur montre comment on pourrait essayer d'introduire ses anciennes conceptions sur l'onde-pilote et la double solution dans la théorie de l'électron de Dirac.

Comme nous l'avons rappelé dans des Notes récentes ([1]), nous avions développé en 1927 une interprétation causale de la Mécanique ondulatoire sous le nom de « théorie de l'onde-pilote », interprétation qui a été reprise récemment par M. David Bohm ([2]). Nous lui avions donné une forme particulière que nous avions nommée « théorie de la double solution » qui est la seule, nous semble-t-il, qui pourrait être acceptable.

Dans l'article du *Journal de Physique* où nous avions résumé nos conceptions ([3]), nous n'avions naturellement pas cherché à les appliquer à la théorie de l'électron de Dirac qui n'existait pas encore. Si l'on cherche à le faire, on se

---

([1]) *Comptes rendus*, 233, 1951, p. 641 et 234, 1952, p. 265.
([2]) *Phys. Rev.*, 85, 1952, p. 166 et 180.
([3]) *Journal de Physique*, 8, 1927, p. 225.

heurte tout de suite à deux difficultés. Voici la première d'entre elles. Dans la théorie de l'onde-pilote, on fait jouer le rôle de fonction de Jacobi à la phase φ de l'onde Ψ écrite sous la forme $\Psi = a e^{\frac{2\pi i}{h}\varphi}$ avec a et φ réels et l'on détermine le mouvement du corpuscule par la « formule de guidage »

$$(1) \qquad \vec{v} = -c^2 \frac{\overrightarrow{\text{grad}\,\varphi}}{\dfrac{\partial \varphi}{\partial t}}$$

qui donne $\vec{v} = -(1/m)\overrightarrow{\text{grad}\,\varphi}$ à l'approximation newtonienne. La fonction φ est bien déterminée puisque, au facteur $2\pi i/h$ près, elle est égale à l'argument de la fonction complexe Ψ. Mais, en théorie de Dirac, il y a 4 composantes complexes Ψ_k de la fonction d'onde qui ont en général des arguments différents. Si nous posons

$$(2) \qquad \Psi_k = a_k e^{\frac{2\pi i}{h}\varphi} = b_k e^{\frac{2\pi i}{h}\Phi_k} = b_k e^{\frac{2\pi i}{h}\varphi_k} e^{\frac{2\pi i}{h}\varphi}$$

avec $a_k = b_k e^{(2\pi i/h)\varphi_k}$ et $\Phi_k = \varphi_k + \varphi$, où a_k est une fonction complexe, b_k, Φ_k, φ_k et φ étant réelles, on aura introduit une « phase commune » φ, mais cette fonction φ sera entièrement indéterminée car, si l'on choisit φ arbitrairement, il suffira de prendre pour φ_k la différence entre l'argument Φ_k de Ψ_k et φ. Pour pouvoir définir la vitesse du corpuscule par une formule analogue à (1), il faut d'abord parvenir à définir sans ambiguïté la fonction φ.

Une seconde difficulté provient de ce que, en théorie de Dirac, il y a deux quadrivecteurs courant-densité $\vec{j}$ et $\vec{j}^{(1)}$ qui, en employant les matrices γ de von Neumann et la notation $\Psi^+ = \Psi^* \gamma_4$, sont donnés par

$$(3) \qquad j_i = -c\sum_{k=1}^{4} \Psi_k^+ \gamma_i \Psi_k, \qquad j_i^{(1)} = \frac{h}{4\pi i m_0} \sum_{k=1}^{4} \left(\Psi_k^+ \frac{\partial \Psi_k}{\partial x_i} - \frac{\partial \Psi_k^+}{\partial x_i} \Psi_k \right).$$

La « décomposition de Gordon » donne [4] $\vec{j} = \vec{j}^{(1)} + \vec{j}^{(2)}$ où $\vec{j}^{(2)}$ se définit à partir des densités des moments électriques et magnétiques propres de l'électron. Chacun des trois quadrivecteurs $\vec{j}$, $\vec{j}^{(1)}$ et $\vec{j}^{(2)}$ obéit à l'équation de conservation $\sum_{i=1}^{4} \left(\partial \vec{j} / \partial x^i \right) = 0$ et la difficulté est de savoir si l'on doit définir la vitesse du corpuscule à partir de $\vec{j}$ ou à partir de $\vec{j}^{(1)}$.

Dans notre Ouvrage sur les particules de spin 1/2, nous avons montré [5] comment on pouvait former en théorie de Dirac une équation de Jacobi (J) et

---

(4) L. de Broglie, *Théorie des particules de spin 1/2*, Gauthier-Villars, 1952, p. 83 et suiv.

(5) *Loc. cit.*, p. 121-122.

une équation de continuité (C) à partir des équations du second ordre en Ψ_k, en admettant l'existence d'une phase commune φ. Nous contentant de traiter le cas de l'absence de champs électromagnétiques, nous écrirons ces équations avec les notations ici employées :

$$(\mathrm{J})\qquad \left[\frac{1}{c^2}\left(\frac{\partial\varphi}{\partial t}\right)^2-\mathrm{grad}^2\varphi\right]\sum_{1}^{4}{}_k a_k^\dagger a_k-\frac{h^2}{4\pi^2}\sum_{1}^{4}{}_k(a_k^\dagger\Box a_k+\Box a_k^\dagger a_k)$$
$$=-\frac{h}{2\pi i}\sum_{1}^{4}{}_k\left[\left(a_k^\dagger\frac{1}{c}\frac{\partial a_k}{\partial t}-\frac{1}{c}\frac{\partial a_k^\dagger}{\partial t}\right)\frac{1}{c}\frac{\partial\varphi}{\partial t}+\left(a_k^\dagger\frac{\partial a_k}{\partial x}-\frac{\partial a_k^\dagger}{\partial x}a_k\right)\frac{\partial\varphi}{\partial x}\right.$$
$$\left.+\left(a_k^\dagger\frac{\partial a_k}{\partial y}-\frac{\partial a_k^\dagger}{\partial y}a_k\right)\frac{\partial\varphi}{\partial y}+\left(a_k^\dagger\frac{\partial a_k}{\partial z}-\frac{\partial a_k^\dagger}{\partial z}a_k\right)\frac{\partial\varphi}{\partial z}\right].$$

$$(\mathrm{C})\qquad \frac{1}{c}\frac{\partial}{\partial t}\sum_{1}^{4}{}_k\frac{\partial\varphi}{\partial t}a_k^\dagger a_k+\mathrm{div}\left(\overrightarrow{\mathrm{grad}}\,\varphi\sum_{1}^{4}{}_k a_k^\dagger a_k\right)=-\frac{h}{2\pi i}\sum_{1}^{4}{}_k(a_k^\dagger\Box a_k-\Box a_k^\dagger a_k).$$

Dans (J) le dernier terme du premier membre correspond au potentiel quantique en h^2. Le second membre en h peut paraître surprenant : il provient en réalité de l'indétermination de la phase commune φ et l'on peut évidemment l'annuler en imposant aux phases φ_k des a_k les 4 conditions

$$(4)\qquad \sum_{1}^{4}{}_k b_k^\dagger b_k\frac{\partial\varphi_k}{\partial x_i}=0\qquad (i=1,2,3,4).$$

Si l'on admet qu'elles peuvent être vérifiées, on trouve

$$(5)\qquad j_i^{(1)}=\frac{1}{m_0}\sum_{1}^{4}{}_k b_k^\dagger b_k\frac{\partial\Phi_k}{\partial x_i}=\frac{1}{m_0}\frac{\partial\varphi}{\partial x_i}\sum_{1}^{4}{}_k b_k^\dagger b_k,$$

parce que $\Phi_k=\varphi_k+\varphi$. La valeur des $j_i^{(1)}$ étant parfaitement déterminée quand on connaît les Ψ_k comme on le voit sur la première expression, la phase commune φ se trouve maintenant parfaitement définie (à une constante près).

Or, compte tenu de (4), le second membre de (C) se trouve être nul et l'on peut écrire (C) sous la forme

$$(6)\qquad \sum_{1}^{4}{}_i\frac{\partial j_i^{(1)}}{\partial x_i}=0.$$

Ceci nous semble prouver que c'est le quadrivecteur $\vec{j}^{(1)}$, et non le quadrivecteur $\vec{j}$, qui doit servir à définir la vitesse $\vec{v}$ du corpuscule, car on aurait alors

$$(7)\qquad \vec{v}=-c^2\frac{\sum_{1}^{4}{}_k\left(\psi_k^\dagger\overrightarrow{\mathrm{grad}}\,\psi_k-\overrightarrow{\mathrm{grad}}\,\psi_k^\dagger\psi_k\right)}{\sum_{1}^{4}{}_k\left(\psi_k^\dagger\frac{\partial\psi_k}{\partial t}-\frac{\partial\psi_k^\dagger}{\partial t}\psi_k\right)}=-c^2\frac{\overrightarrow{\mathrm{grad}}\,\varphi}{\frac{\partial\varphi}{\partial t}}$$

en accord avec la formule (1).

Si nous passons maintenant à la théorie de la double solution, nous devons introduire, à côté de la solution continue Ψ, une solution u à singularité de composantes

$$u_k = f_k e^{\frac{2\pi i}{h}\varphi_k} = g_k e^{\frac{2\pi i}{h}\Phi_k} = g_k e^{\frac{2\pi i}{h}\varphi_k} e^{\frac{2\pi i}{h}\varphi} \qquad (k = 1, 2, 3, 4), \tag{8}$$

où f_k est une fonction complexe, $\Phi_k \varphi_k \varphi$ et g_k étant réels. Nous obtiendrons encore des équations de la forme (J) et (C), mais où les f_k, amplitudes à singularité, remplaceront les a_k. Du moins, en sera-t-il ainsi dans les régions de l'espace-temps où les équations de propagation des u_k sont linéaires et identiques à celles des Ψ_k ([6]). Nous imposerons aux φ_k les conditions

$$\sum_{1}^{4}{}_k\, g_k^{\dagger} g_k \frac{\partial \varphi_k}{\partial x_i} = 0 \qquad (i = 1, 2, 3, 4), \tag{9}$$

qui nous débarrasseront encore des seconds membres de (J) et de (C) et assureront la détermination de la phase commune φ. Si, comme le postule le principe de la double solution, la phase φ est la même pour l'onde Ψ et pour l'onde u, il en résultera, en comparant les équations (J) pour les deux ondes, que l'on devra avoir comme expressions équivalentes du potentiel quantique

$$\frac{\frac{1}{2}\sum_{1}^{4}{}_k (a_k^{\dagger}\Box a_k - \Box a_k^{\dagger} a_k)}{\sum_{1}^{4}{}_k a_k^{\dagger} a_k} = \frac{\frac{1}{2}\sum_{1}^{4}{}_k (f_k^{\dagger}\Box f_k - \Box f_k^{\dagger} f_k)}{\sum_{1}^{4}{}_k f_k^{\dagger} f_k}. \tag{10}$$

Dans la Mécanique ondulatoire relativiste à un seul Ψ, on a une seule valeur pour k et l'on peut poser $\gamma_4 = 1$. En écrivant a pour $|a_k|$ et f pour $|f_k|$, la relation (10) devient identique à la relation $\Box a / a = \Box f / f$ de mon Mémoire de 1927.

Les considérations qui précèdent manquent de rigueur sur certains points et ne sont que provisoires. Elles demanderaient à être approfondies et étendues s'il se montrait vraiment utile de revenir à mes idées de 1927.

BIOLOGIE. — *Sur les articles des appendices chez les Acariens actinochitineux.* Note de M. **François Grandjean**.

Savoir de quels articles un appendice d'Acarien est fondamentalement composé, savoir même seulement le nombre de ces articles, est un problème apparemment difficile, car les solutions que les Acarologues ont cru lui

---

([6]) *Voir* sur ce point : *Comptes rendus*, **234**, 1952, p. 265.

trouver ne s'accordent pas. Les désaccords sont de deux sortes. Les uns sont purement terminologiques. Un article n'a pas toujours un seul nom et le même mot ne désigne pas toujours, quel que soit l'auteur qui l'emploie, le même article. Ces désaccords sont gênants. Ils n'ont cependant qu'une faible importance et je n'en parle pas dans cette Note.

Les autres, ceux qui portent sur les définitions des articles et sur l'origine primitive ou secondaire qu'on leur attribue, sont beaucoup plus sérieux. Trois questions principales se posent à leur sujet, celle du coxa, celle des fémurs et celle de l'article terminal primitif.

Le coxa. — D'après certains auteurs, le coxa, c'est-à-dire la région du corps fréquemment saillante, mais fixe, sur laquelle est inséré l'article proximal actuel d'un appendice, était autrefois l'article proximal chez les Acariens actinochitineux et elle s'est soudée plus tard à l'idiosoma.

J'ai seulement à dire, contre cette opinion, que je n'ai trouvé aucun caractère qui la justifie. Elle n'est vraisemblablement pas née dans le phylum des Acariens actinochitineux. Elle vient d'autres phylums, par la voie des comparaisons et des extrapolations. Celles-ci sont-elles légitimes ? Cela reste entièrement à prouver.

Les fémurs. — Un appendice peut avoir deux fémurs (le basi- et le télofémur) ou un seul. Quelle sorte de lien attache le premier cas au deuxième au point de vue de l'évolution ?

Il faut savoir d'abord si le fémur, quand il est unique, représente l'un des deux fémurs possibles, ou les deux ensemble. La réponse est qu'il représente deux fémurs. Sa chaetotaxie, en effet, est la somme de deux chaetotaxies, une basifémorale et une télofémorale. On trouve toujours sur un fémur entier, à condition qu'il ait plus d'un poil, au moins un poil de basifémur et un poil de télofémur. Ceci est vrai à toutes les stases.

Puisqu'un fémur entier est la somme non divisée d'un basi- et d'un télofémur, deux hypothèses seulement restent en présence. La première est qu'il y avait primitivement deux fémurs et qu'ils se sont parfois réunis. La deuxième est qu'il n'y avait primitivement qu'un fémur et qu'il s'est parfois divisé.

En ontogenèse, c'est-à-dire dans le temps t, lorsque l'on voit le changement, on constate qu'il est à sens unique. La larve n'a qu'un fémur et l'adulte en a deux. Il n'y a pas d'exception. L'apparition du deuxième fémur se fait à des stases variées selon les espèces et les appendices. Elle est brusque ou non. Les deux fémurs sont très bien séparés, ou médiocrement, ou très mal.

L'absence totale d'exception, dans les ontogenèses, à la règle de sens unique, a une signification profonde. Elle veut dire qu'en phylogenèse aussi le sens du passage est unique. Elle nous apprend que l'evolution des fémurs, dans tout le phylum des Acariens actinochitineux, est soumise

à une seule orthogenèse. Celle-ci est ascendante avec la première hypothèse et descendante avec la deuxième. Comment choisir ? Voici les arguments dont nous disposons :

1° Sur un fémur divisé, un poil déterminé (orthotaxique, idionymique) est toujours devant ou toujours derrière la ligne séparatrice basi-télofémorale, même lorsque celle-ci n'est que légèrement marquée sur la cuticule. Il n'est jamais tantôt devant et tantôt derrière selon les espèces et les stases. Cela est naturel si la ligne séparatrice est primitive, comme dans la première hypothèse, car le poil ne peut être à la fois un poil de basifémur et un poil de télofémur; mais non si la ligne séparatrice est secondaire comme dans la deuxième hypothèse, car il n'y aurait alors aucune raison pour que les poils de ce fémur fussent départagés, dans les cas les plus divers, d'une manière qui ne varie pas.

2° On compare, en général, chez les Acariens actinochitineux, les caractères primitifs avec la présence de deux fémurs. Les groupes qui ont le plus de chance de contenir des espèces à deux fémurs sont les primitifs dans la première hypothèse et les évolués dans la deuxième. Or, nous savons assez bien distinguer, par des observations qui concordent et qui n'ont rien à voir avec la division des fémurs, le primitif du secondaire. Par exemple, les Acaridiés sont un groupe très évolué et l'on n'y trouve plus aucune espèce que l'on puisse qualifier de primitive. Les fémurs y sont toujours entiers. Les fémurs des Oribates sont entiers aussi, sauf dans la superfamille des Palæacaroïdes et il n'est pas douteux que cette superfamille soit primitive. Les Acariens prostigmatiques ont beaucoup d'espèces à deux fémurs et c'est chez eux que l'on rencontre le moins rarement les caractères les plus primitifs que nous connaissions.

On peut préciser cela en se fondant sur la chaetotaxie, spécialement sur celle des pattes. Une chaetotaxie pédieuse plus primitive (pourvu qu'il n'y ait pas néotrichie) est plus riche; elle contient un plus grand nombre d'alignements longitudinaux; elle change moins d'une patte à l'autre.

Ces arguments me paraissent assez forts, quoique non cruciaux, compte tenu de ce qu'il n'y a pas d'arguments contraires, pour établir que le basi- et le télofémur sont deux articles primitifs. S'ils ne maintiennent pas leur indépendance, ces articles s'unissent par une évolution prorégressive. Pendant cette évolution, ils continuent à se séparer dans les ontogenèses (de plus en plus tardivement) et ils cessent de se séparer dans les phylogenèses, d'abord aux bas niveaux, puis à tous. Un fémur devient entier parce qu'il cesse de se diviser.

L'absence d'arguments cruciaux ne doit pas surprendre. Pour démontrer qu'un changement s'est fait dans tel sens et non dans l'autre, au cours du temps T, dans une orthogenèse, le seul argument crucial est paléontologique. Il exige que des fossiles soient trouvés à de nombreux étages

dans les terrains. Or, on ne connaît presque aucun Acarien fossile, sauf dans l'ambre.

L'article terminal primitif. — Aux extrémités des pattes, la griffe n'est considérée comme un article par aucun auteur, sauf, autrefois, par Nicolet. Elle est mise avec le tarse et le tout est compté pour un.

Il est cependant clair, évident, dès que l'on s'avise d'étudier la structure d'une griffe, dès que l'on voit la pièce basilaire portant les ongles, la manière dont cette pièce est articulée sur le tarse, les deux tendons de grande longueur qui la font tourner, les muscles très puissants qui tirent sur ces tendons, que c'est un article d'importance considérable. Sa petite taille est une conséquence forcée de sa fonction ambulatoire. A l'appendice mandibulaire le même article existe et il est gros.

On peut l'appeler l'article terminal primitif, mais cette expression est incommode. Je crois indispensable d'avoir un mot court et simple pour le désigner et je me permets, n'ayant pas trouvé dans les travaux publiés jusqu'ici un mot qui convienne, d'en proposer un, celui d'*apotèle* (ἀπο-τελέω, terminer).

Résumé et remarques. — Il y a donc au total, à un appendice d'Acarien actinochitineux, sept articles primitifs. Dans ma terminologie, ce sont le trochanter, le basifémur, le télofémur, le génual, le tibia, le tarse et l'apotèle. Le trochanter d'un appendice est inséré sur la région coxale du métamère auquel appartient cet appendice. Au lieu de « région coxale » on peut dire « coxa », mais le coxa d'un Acarien actinochitineux n'est pas un article, ni un ancien article. C'est une région sans limite proximale définie, ou bien à limite proximale secondaire.

Aux pattes, s'il y a moins de sept articles, il y en a généralement six (un seul fémur). Un palpe n'a jamais plus de cinq articles (pas d'apotèle, un seul fémur). Une mandibule n'en a jamais plus de trois (entre l'apotèle, qui est le mors mobile, et le trochanter, l'article principal représente cinq articles primitifs, du basifémur au tarse).

Beaucoup d'autres réunions d'articles ont été observées. La plupart d'entre elles, vraisemblablement, ont aussi un statut prorégressif d'évolution et sont du même type que celle des deux fémurs, c'est-à-dire anergastiques. J'appelle *anergastique* une évolution qui se traduit uniquement, dans le temps *t*, par le retardement ou la suppression d'une partie de l'ontogenèse.

Dans des cas moins nombreux, la réunion d'articles est une coalescence par ankylose et le statut est rétrorégressif. Exemple : la coalescence fémorogénuale chez *Fusacarus*.

Aucun Acarien actinochitineux n'a plus de sept articles à l'un de ses appendices. S'il semble en avoir davantage, c'est à cause de faux articles qui se sont ajoutés, dans une zone de croissance, entre les extrémités

d'un article. Les faux articles sont d'origine secondaire et ils diffèrent des vrais parce qu'ils sont passifs. Aucun muscle ni aucun tendon ne s'attache à eux pour les mouvoir. Exemple : les faux articles tarsaux chez *Tarsolarkus*.

TOXICOLOGIE. — *Altérations histologiques encéphaliques chez le Lapin au cours de l'intoxication par l'Amanite phalloïde.* Note de MM. **Léon Binet**, **Pierre Desclaux**, **Henri Chanéac** et Mlle **Jacqueline Teysseyre**.

L'intoxication par l'Amanite phalloïde entraîne la mort des animaux qui en sont victimes dans un tableau de convulsions généralisées. Cette symptomatologie nerveuse nous a fait supposer qu'il pouvait exister des altérations encéphaliques au cours de l'intoxication phalloïdienne. L'importance des troubles hypoglycémiques qu'elle entraîne pouvait laisser présumer, d'autre part, une participation plus ou moins active des centres nerveux glycorégulateurs qui se serait traduite également par des modifications histologiques. Nous avons cherché à préciser ces phénomènes en injectant à des lapins mâles d'un poids moyen de 2,500 kg, soumis à un régime équilibré, une dose unique d'une dilution d'alcoolature d'Amanité phalloïde, ainsi que nous l'avons indiqué dans une Note précédente [1].

Nous avons obtenu avec les mêmes doses de produit deux évolutions différentes. Dans certains cas, une mort rapide en 24 ou 48 h. Dans d'autres cas, nous avons observé la survie de l'animal après une période de souffrance physiologique. Ces derniers animaux ont été sacrifiés 10 jours après l'injection d'alcoolature phalloïdienne.

Nous avons examiné systématiquement les cerveaux de six animaux morts rapidement et quatre cerveaux d'animaux ayant survécu, qui ont été sacrifiés secondairement.

Les cerveaux ont été coupés transversalement en séries et colorés suivant la méthode de Nissl. Nous avons pratiqué, d'autre part, les techniques de Brachet pour les acides ribonucléiques et celle de Bodian pour la mise en évidence des neurofibrilles.

Au niveau de l'*écorce cérébrale*, on trouve un très grand nombre de cellules altérées disséminées au milieu d'éléments normaux. Les modifications portent, d'une part, sur les corps de Nissl qui sont agglomérés en amas beaucoup plus fortement colorés que normalement. On observe, d'autre part, de très nombreuses cellules avec un noyau porteur de deux nucléoles. Parfois les altérations sont encore plus manifestes. Il existe alors un important rétrécissement du corps cellulaire. Les contours en sont

(1) *Comptes rendus*, **202**, 1936, p. 1219; **219**, 1944, p. 376; **235**, 1952, p. 279 et 405.

tortueux. On observe une hyperchromatophilie du cytoplasme avec une augmentation de la coloration des prolongements cellulaires. Les contours du noyau ont disparu et l'on peut difficilement distinguer les reliquats de ce dernier des autres éléments constituants de la cellule. Autour de celle-ci, il existe une augmentation marquée des noyaux névrogliques.

Au niveau du *thalamus*, particulièrement du noyau antéro-dorsal, on observe également quelques modifications cellulaires, moins accentuées toutefois. Dans de nombreuses cellules apparaît un espace clair périnucléaire. Les corps de Nissl se groupent à la périphérie et présentent une teinte plus accentuée que normalement, réalisant un véritable aspect en couronne, inhabituel en aussi grand nombre chez les témoins. Les prolongements de ces cellules apparaissent, ici aussi, fortement colorés, contrairement à la normale. Il existe une augmentation notable des satellites périneuronaux.

Les noyaux magno-cellulaires de l'*hypothalamus* présentent des modifications d'un autre type et particulièrement nettes chez les animaux morts rapidement. Au niveau du noyau supra-optique, les cellules présentent des limites cellulaires mal définies, avec un certain degré de chromatolyse dans l'ensemble des éléments considérés; par contre, il n'existe pas d'altérations nucléaires. Au niveau du noyau paraventriculaire, les modifications sont beaucoup plus manifestes encore. Les cellules sont nettement augmentées de volume. Dans certaines d'entre elles il existe une quasi-disparition de la substance tigroïde. Dans d'autres, elle apparaît uniquement délimitée à la partie périphérique de la cellule laissant un espace vide périnucléaire. Enfin dans certains cas la cellule apparaît creusée de lacunes, de vacuoles. Les bords cellulaires sont irréguliers.

Ces différentes modifications des cellules nerveuses nous apparaissent intéressantes, mais il nous semble qu'il convient de les dissocier.

Les aspects de maladie aiguë de la cellule, suivie de rétrécissement cellulaire et d'hyperchromatophilie, observés au niveau du cortex cérébral semblent traduire un phénomène toxique. On sait, en effet, que la cellule nerveuse ainsi que l'ont signalé de nombreux auteurs après Nissl et Marinesco, est susceptible de réagir de façon sensible et précoce à des intoxications variées, réalisées par les toxines végétales ou animales. A ces modifications, on pourrait peut-être rattacher celles observées au niveau du thalamus.

Par contre, les modifications manifestes observées au niveau du noyau paraventriculaire sont d'interprétation plus délicate. Si l'on peut les considérer dans une certaine mesure comme traduisant des atteintes toxiques [G. Roussy et M. Mossinger ([2])], on peut se demander s'ils ne traduisent

([2]) *Traité de neuroendocrinologie*, Paris, 1946.

pas aussi des réactions physiologiques. Il est nécessaire en effet de rappeler le rôle joué par ce noyau dans les phénomènes de régulation des hydrates de carbone ainsi qu'y ont insisté C. Davis, D. Cleveland et W. Ingram ([3]), dans l'étude du diabète expérimental. En réalisant des lésions du noyau paraventriculaire chez des rats diabétiques, ces auteurs ont diminué notablement le taux du diabète chez les animaux en expérience. P. Desclaux, A. Soulairac et Mlle J. Teysseyre ([4]), d'autre part, ont montré l'importance des modifications histologiques de ce noyau paraventriculaire au cours du diabète alloxanique.

Étant donné l'état d'hypoglycémie terminale présenté par les lapins soumis à l'intoxication par l'Amanite phalloïde, les modifications cellulaires observées à ce niveau indiquent la participation du système nerveux et plus spécialement de l'hypothalamus dans les phénomènes de régulation des hydrates de carbone.

L'Ouvrage suivant est présenté par M. G. Ribaud : *Condensation et adsorption des molécules sur une surface en atmosphère raréfiée*, par F. Marcel Devienne, in *Mémorial des Sciences physiques*, Fasc. LIII.

CORRESPONDANCE.

L'Académie est invitée à prendre part :

aux cérémonies qui auront lieu, à Tokyo, en octobre 1952, à l'occasion du **LXXe anniversaire de la fondation de l'Université Waseda**;

au **VIIe Congrès international de radiologie**, qui aura lieu, à Copenhague, du 19 au 25 juillet 1953.

M. le **Secrétaire d'État a la guerre** invite l'Académie à désigner l'un de ses Membres qui fera partie du *Conseil de perfectionnement de l'École polytechnique*, en remplacement de M. *Pierre Jolibois* dont les pouvoirs sont expirés et qui est rééligible.

([3]) *Arch. of neurol. a. psych.*, 33, 1935, p. 592-604.

([4]) *C. R. Soc. Biol.*, 143, 1949, p. 615-616.

THÉORIE DES NOMBRES. — *Nouveaux résultats de Géométrie des nombres.* Note (*) de M. **Claude Chabauty**, présentée par M. Arnaud Denjoy.

Les propriétés établies dans une Note antérieure permettent d'établir un théorème (th. 3) très efficace en géométrie des nombres. Celui-ci est employé à obtenir des résultats nouveaux sur les propriétés arithmétiques de certaines formes (somme, produit, de valeurs absolues de formes linéaires, etc.).

Cette Note utilise les définitions et notations d'une Note antérieure ([1]) et numérote ses propositions à la suite des siennes. $\varepsilon(t)$ désignera une fonction de la seule variable t, tendant vers zéro avec t^{-1}, mais pas nécessairement la même dans deux formules différentes.

Lemme 7. — *Si* $G\subset R^n$, $\rho^2((n+2)^{kh}, G)\geqq\rho^2(h, G)\,2(k-1)(n+1)k^{-1}n^{-1}$.

En effet, d'après le théorème 1, dans R^n si $\mathrm{Nb}(E)\geqq(n+2)^k$, $l^2(E)\leqq\rho^2(E)k(k-1)^{-1}$, si donc $\mathrm{Nb}(E)\geqq(n+2)^{kh}$, on peut trouver $F\subset E$ avec $\mathrm{Nb}(F)=h$ et $L^2(F)\leqq\rho^2(E)k(k-1)^{-1}$. Alors, d'après le lemme 1,

$$\rho^2(F)\leqq 2^{-1}\rho^2(E)\,k(k-1)^{-1}n(n+1)^{-1}.$$

Des lemmes 6 et 7 on déduit immédiatement le

Théorème 3. — *Si* $G\subset R^n$, *pour tous les entiers naturels h et k, on a*

$$((n+2)^{kh}-1)\,D(G)\geqq\Omega_n\,\rho^n(h, G)\,((k-1)(n+1)2^{-1}k^{-1}n^{-1})^{\frac{n}{2}},$$

en particulier

$$D^{\frac{2}{n}}(G)\geqq 4\pi e\,n^{-1}\rho^2(h,G)\,(1-\varepsilon(nh^{-1})).$$

[Ainsi quand G est un réseau, le théorème assure l'existence de sphères S avec $h=\mathrm{Nb}(S\cap G)\geqq\sqrt{2}(1-\varepsilon(nh^{-1}))\,\underset{X\in R^n}{\text{Val. moy.}}\,(\mathrm{Nb}((S+X)\cap G))$, pour h arbitraire.]

Soit $F(X)$ une forme à valeurs réelles $\geqq 0$ positivement homogène et symétrique sur R^n. Pour $G\subset R^n$, notons $G\dagger F$ la condition $F(A-B)\geqq 1$ pour tous les $A\in G$, $B\in G$, $A\neq B$, et posons

$$\delta(F)=\mathrm{Inf}\,D(G),\quad G\dagger F;\qquad \gamma(F)=\underset{G}{\mathrm{Sup}}\,\underset{X}{\mathrm{Inf}}\,F(X),$$

où G parcourt l'ensemble des réseaux de R^n avec $D(G)=1$ et X parcourt $G-\{O\}$, est égal à $\delta^{-d/n}(F)$, où d est le degré d'homogénéité de F. Posons $K(F)=\mathcal{E}(F(X)<1)$, si $F^{1/d}$ est en outre convexe, $K(F)$ est une jauge, et $\eta^*(K(F))=\mathrm{mes}(K(F))\,2^{-n}\delta^{-n}(F)$, en outre $\theta^*(K(F))\leqq 2^n\eta^*(K(F))$ par un théorème déjà cité de Rogers. (η^*, resp. θ^*, désignent la densité maxima,

(*) Séance du 8 septembre 1952.

([1]) *Comptes rendus*, 235, 1952, p. 529.

resp. minima, des empilements, resp. des recouvrements de R^n, par des translatés de l'ensemble considéré.)

Posons $\mathcal{L}_{n,\sigma}(X) = \Sigma |pj_i(X)|^\sigma$, $X \in R^n$, l'inégalité de Blichfeldt (²)

$$\sum_{i<j\leq h} \mathcal{L}_{n,1}^2(X_i - X_j) \leq 3^{-1} n h^3 \sum_{i\leq h} |X_i|^2,$$

donne pour $G \dagger \mathcal{L}_{n,1}$: $\rho^2(h, G) \geq 3.4^{-1} n^{-1}(1 - h^{-1})^2$, donc en vertu du théorème 3, $\delta^{\frac{2}{n}}(\mathcal{L}_{n,1}) \geq (3\pi e/n^2)(1 - \varepsilon(n))$, donc $\gamma(\mathcal{L}_{n,1}) \leq (n/\sqrt{3\pi e})(1 + \varepsilon(n))$.

Posons $K_{n,\sigma} = \mathcal{E}(\mathcal{L}_{n,\sigma}(X) < 1)$, on a donc

$$\frac{1}{2} \leq \frac{1}{2} \theta^{*\frac{1}{n}}(K_{n,1}) \leq \eta^{*\frac{1}{n}}(K_{n,1}) \leq \sqrt{\frac{e}{3\pi}}(1 + \varepsilon(n)).$$

Plus généralement, on déduit de même des inégalités analogues de *Hlawka* (³) pour $\mathcal{L}_{n,\sigma}$, $1 \leq \sigma \leq 2$

$$\delta^{\frac{2}{n}}(\mathcal{L}_{n,\sigma}) \geq \frac{4\pi e}{3}\left(\frac{3}{2n}\right)^{\frac{2}{\sigma}}(1 - \varepsilon(n)), \qquad \text{donc} \quad \gamma(\mathcal{L}_{n,\sigma}) \leq \frac{2n}{3}\left(\frac{3}{4\pi e}\right)^{\frac{\sigma}{2}}(1 + \varepsilon(n)),$$

$$\frac{1}{2} \leq \frac{1}{2}\theta^*(K_{n,\sigma}) \leq \eta^*(K_{n,\sigma}) \leq \sqrt{\frac{3}{4\pi e}}\left(\frac{2e\sigma}{3}\right)^{\frac{1}{\sigma}}\Gamma\left(1 + \frac{1}{\sigma}\right)(1 + \varepsilon(n)).$$

On remarquera que la partie principale du dernier membre est fonction décroissante de σ pour $1 \leq \sigma \leq 2$ et par conséquent est $\leq \sqrt{(e/3\pi)} < (1/2) + (4/100)$.

Posons, avec $r + 2s = n$,

$$\mathfrak{T}_{n,r}(X) = \left| \prod_{i\leq r} pj_i(X) \prod_{j\leq s}(pj_{r+j}(X)^2 + pj_{r+s+j}(X)^2) \right|^{\frac{1}{n}}.$$

Pour $\mathfrak{T}_n(X) = \mathfrak{T}_{n,n}(X)$, une inégalité de Schur (⁵) donne :

$$\left\{\sum_{i\leq h} |X_i|^2\right\}^{\frac{h(h-1)}{2}} \geq (h^2 - h)^{\frac{h-h^2}{2}} \exp(2\log 2 + \ldots + n\log n) \prod_{i<j\leq h} \mathfrak{T}_n^2(X_i - X_j),$$

qui fournit pour $G \dagger \mathfrak{T}_n$ l'inégalité $\rho^2(h, G) \geq n\sqrt{e}(1 - \varepsilon(h))$, et par conséquent, par le théorème 3,

$$\delta^{\frac{2}{n}}(\mathfrak{T}_n) \geq 4\pi e\sqrt{e}(1 - \varepsilon(n)) \qquad (> 56 \text{ pour } n \text{ assez grand}).$$

Un calcul analogue nous a donné

$$\delta^{\frac{2}{n}}(\mathfrak{T}_{n,r}) \geq \pi e(4\sqrt{e})^{\frac{r}{n}}(1 - \varepsilon(n)),$$

(²) *Monat. Math. Phys.*, 43, 1936, p. 410-414.

(³) *Sitzungber. Wien Akad. Math. naturw.*, 1948.

(⁵) Schur, *Math. Z.*, 1, 1918, p. 377-402, spéc. p. 380.

d'où de nouvelles minorations pour les discriminants des corps de nombres algébriques.

Les résultats obtenus pour les formes $\mathcal{L}$ et $\mathfrak{T}$ améliorent des résultats classiques de *Minkowski* et les résultats plus récents de *Blichfeldt* ([2]), ([6]), *Hlawka* ([3]), *Rankin* ([4]), *Rogers* ([7]).

THÉORIE DES FONCTIONS. — *Longueurs extrémales, mesure harmonique et distance hyperbolique.* Note de M. **Joseph Hersch**, présentée par M. Paul Montel.

1. Étant donnée une famille de courbes $\{c\}$ dans un domaine G du plan ou d'une surface de Riemann, nous définissons la *longueur extrémale* $L_{\{c\}}$ de la famille $\{c\}$ par l'égalité

$$\frac{1}{L_{\{c\}}} = \inf_{\rho} \overline{\iint_G} \rho^2 \, d\tau \quad (^1),$$

où l'on admet à concurrence toutes les fonctions réelles non négatives (*répartitions*), ρ satisfaisant à la condition $\underline{\int_c} \rho \, ds \geqq 1$ pour toute courbe $c \in \{c\}$ ([2]).

La longueur extrémale est un invariant conforme.

2. Soit G un domaine de Jordan sur lequel on a désigné un arc frontière α et un point intérieur p. On sait que sa configuration conforme est caractérisée par la *mesure harmonique* ω de l'arc α au point p. Soient β l'arc frontière complémentaire de α, $\{c\}$ la famille des arcs de Jordan (à extrémités sur α) qui séparent p de β, et $\{\gamma\}$ la famille des arcs de Jordan (à extrémités sur β) qui séparent p de α. Alors

$$L_{\{c\}} = 8.\nu\left(\sin\frac{\pi\omega}{2}\right), \qquad L_{\{\gamma\}} = 8.\nu\left(\cos\frac{\pi\omega}{2}\right),$$

où $\nu(r)$ $(0 \leqq r \leqq 1)$, fonction positive biunivoque et décroissante, est le quotient de deux intégrales elliptiques

$$\nu(r) = \frac{1}{4}\frac{K'(r)}{K(r)}, \qquad K(r) = \int_0^1 \frac{dx}{\sqrt{(1-x^2)(1-r^2x^2)}}, \qquad K'(r) = K(\sqrt{1-r^2}).$$

([4]) *Indag. Math.*, **10**, 1948, p. 274-281.

([6]) *Monat. Math. Phys.*, **48**, 1939, p. 531-533.

([7]) *Acta. Math.*, **82**, 1950, p. 185-208.

([1]) $\overline{\int}$ est l'intégrale supérieure, $\underline{\int}$ l'intégrale inférieure de Darboux; $d\tau$ est l'élément de surface.

([2]) Pour une définition légèrement différente, *cf.* Ahlfors et Beurling, *Acta Math.*, **83**, 1950, p. 114.

3. Soit G un domaine de Jordan à l'intérieur duquel on a désigné deux points p, q. Sa configuration conforme est caractérisée par la *distance hyperbolique* h de p et q. Soient $\{c\}$ la famille des courbes fermées de Jordan séparant p et q de la frontière, et $\{\gamma\}$ la famille des arcs de Jordan (à extrémités sur la frontière) qui séparent p de q. Alors

$$\frac{1}{2L_{\{\gamma\}}} = \frac{1}{8}L_{\{c\}} = \nu(e^{-2h}).$$

4. Ces propriétés extrémales permettent d'obtenir de nombreuses *évaluations* utiles pour la mesure harmonique et la distance hyperbolique. Les plus intéressantes sont celles qui *mettent en rapport* ces deux grandeurs entre elles, ainsi qu'avec le *module* μ d'un « quadrilatère » (domaine de Jordan sur la frontière duquel on a désigné 4 points différents) ([3]) ou d'un domaine doublement connexe. En voici *un exemple* :

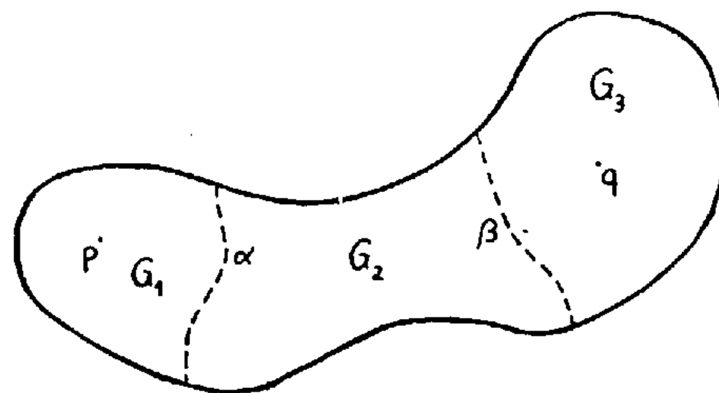
G est un domaine de Jordan, α et β sont des arcs de Jordan. J'obtiens l'inégalité suivante, d'une précision souvent remarquable :

$$\nu(e^{-2h}) \geqq \nu\left(\sin\frac{\pi\omega_1}{2}\right) + \frac{\mu_2}{2} + \nu\left(\sin\frac{\pi\omega_3}{2}\right),$$

où

$$h = h_{pqG}, \qquad \omega_1 = \omega_{p\alpha G_1}, \qquad \mu_2 = \mu_{\alpha\beta G_2}, \qquad \omega_3 = \omega_{q\beta G_3}.$$

On voit (ce qui est d'ailleurs intuitif) que h doit être d'autant plus grand que μ_2 est plus grand (c'est-à-dire le contact entre α et β plus relâché) et que ω_1 et ω_3 sont plus petits.



Si l'on ne sait rien de μ_2 ni de ω_3, notre inégalité devient $e^{-2h} \leqq \sin(\pi\omega_1/2)$, c'est la solution connue d'un problème de Carleman-Milloux. Si $\mu_2 \to \infty$, on a, quels que soient ω_1 et ω_3, l'évaluation asymptotique $h \geqq (\pi/2)\mu_2 - ln 2 + o(1)$, où $o(1) \to 0$ quand $h \to \infty$.

([3]) Le module $\mu_{\beta'\beta''}$ d'un rectangle dont les côtés β' et β'' ont la longueur b et les côtés α' et α'' la longueur a, est a/b; cette définition du module s'étend à tous les « quadrilatères » par représentation conforme.

5. Si une *représentation* D-*quasi conforme* ([4]) transforme la famille de courbes $\{c\}$ en $\{c'\}$, $(1/D)L_{\{c\}} \leqq L_{\{c'\}} \leqq D . L_{\{c\}}$.

Pour les familles de courbes considérées ci-dessus, ces inégalités sont exactes. On sait par conséquent entre quelles limites peuvent varier ω et h par l'effet d'une application quasi conforme. Des évaluations équivalentes ont été indiquées dans une Note antérieure ([5]). Elles deviennent parfois élémentaires : c'est le cas d'une part si $D = 2^n$ (n entier), d'autre part asymptotiquement pour $\omega \to 0$, $\omega \to 1$, $h \to 0$, $h \to \infty$.

Plus généralement, si $D(z)$ est le coefficient local de dilatation d'une application topologique $z' = f(z)$ douée de dérivées partielles,

$$\frac{1}{L_{\{c'\}}} \leqq \overline{\iint_G} D(z)\rho^2(z)\, d\tau_z$$

pour toute répartition $\rho(z)$ concurrente du problème de variation définissant $L_{\{c\}}$. Si l'on connaît une répartition extrémale $\rho_0(z)$ pour ce problème, on peut l'introduire dans notre inégalité

$$\frac{1}{L_{\{c'\}}} - \frac{1}{L_{\{c\}}} \leqq \overline{\iint_G} [D(z) - 1]\rho_0^2(z)\, d\tau_z.$$

Cette borne n'est pas en général exacte, mais elle permet des généralisations intéressantes, si l'on connaît une fonction majorant $D(z)$.

La méthode des longueurs extrémales, exposée au paragraphe 4, fournit d'intéressantes évaluations pour la métrique hyperbolique ; on voit qu'elle est aussi un instrument tout indiqué pour l'étude des représentations quasi conformes, même au sens plus général dont il vient d'être question.

CHALEUR. — *Fours centrifuges à accumulation d'énergie solaire*. Note de MM. **Félix Trombe** et **Marc Foex**, présentée par M. Paul Lebeau.

Un des avantages que présente, pour les traitements à haute température, l'utilisation d'un rayonnement de grande densité énergétique et, particulièrement, du rayonnement solaire, consiste à éviter l'emploi de creusets. La substance reposant sur elle-même est fondue ou traitée par action directe du rayonnement ([1]).

L'aménagement pratique de ce procédé comporte, soit le déplacement régulier de la substance sous le rayonnement, soit un apport continu de

---

([4]) C'est-à-dire une application topologique partiellement dérivable et telle que l'image de tout cercle infinitésimal soit une ellipse infinitésimale dont le rapport des axes soit $\leqq D$ (D est une constante $\geqq 1$).

([5]) J. Hersch et A. Pfluger, *Comptes rendus*, **234**, 1952, p. 43.

([1]) F. Trombe, M. Foëx et Ch. Henry La Blanchetais, *Comptes rendus*, **223**, 1946, p. 317.

cette substance sur la surface chauffée qui est soumise elle-même à un mouvement descendant ([2]).

Un autre procédé, mis au point au Laboratoire de l'Énergie solaire de Mont-Louis, consiste à admettre, par un orifice de faible surface, le rayonnement solaire concentré dans une enceinte fermée et calorifugée dont les parois, formées de substances réfractaires, constituent le creuset de réaction ([3]). On obtient, par cette dernière méthode, des rendements énergétiques pratiquement indépendants des propriétés absorbantes des substances traitées, vis-à-vis du rayonnement solaire. De plus, la température de l'enceinte s'élevant progressivement, le choc thermique que donne le traitement direct est évité.

Il était intéressant de combiner les avantages de l'opération sans creuset (chauffage direct) avec ceux que donne le chauffage dans une capacité calorifugée qui, même à haute température, est pratiquement isotherme et se conduit, au point de vue du rayonnement absorbé et émis, comme un corps noir.

Les fours utilisés dans ce but avec les installations de 2,5 kW déjà décrites ([1]), ([2]) sont constitués, essentiellement, par une capacité cylindrique métallique (aluminium, duralumin, fer, etc.) de 300 cm^3 à 1 l, dont le fond amovible se fixe sur un axe pouvant tourner à des vitesses comprises entre 200 et 5 000 t/m (*voir* figure). La face circulaire, opposée à l'axe de rotation, est percée en son centre d'un trou de 18 mm de diamètre, permettant au rayonnement solaire concentré par un miroir parabolique de 2 m de diamètre de pénétrer dans le four.

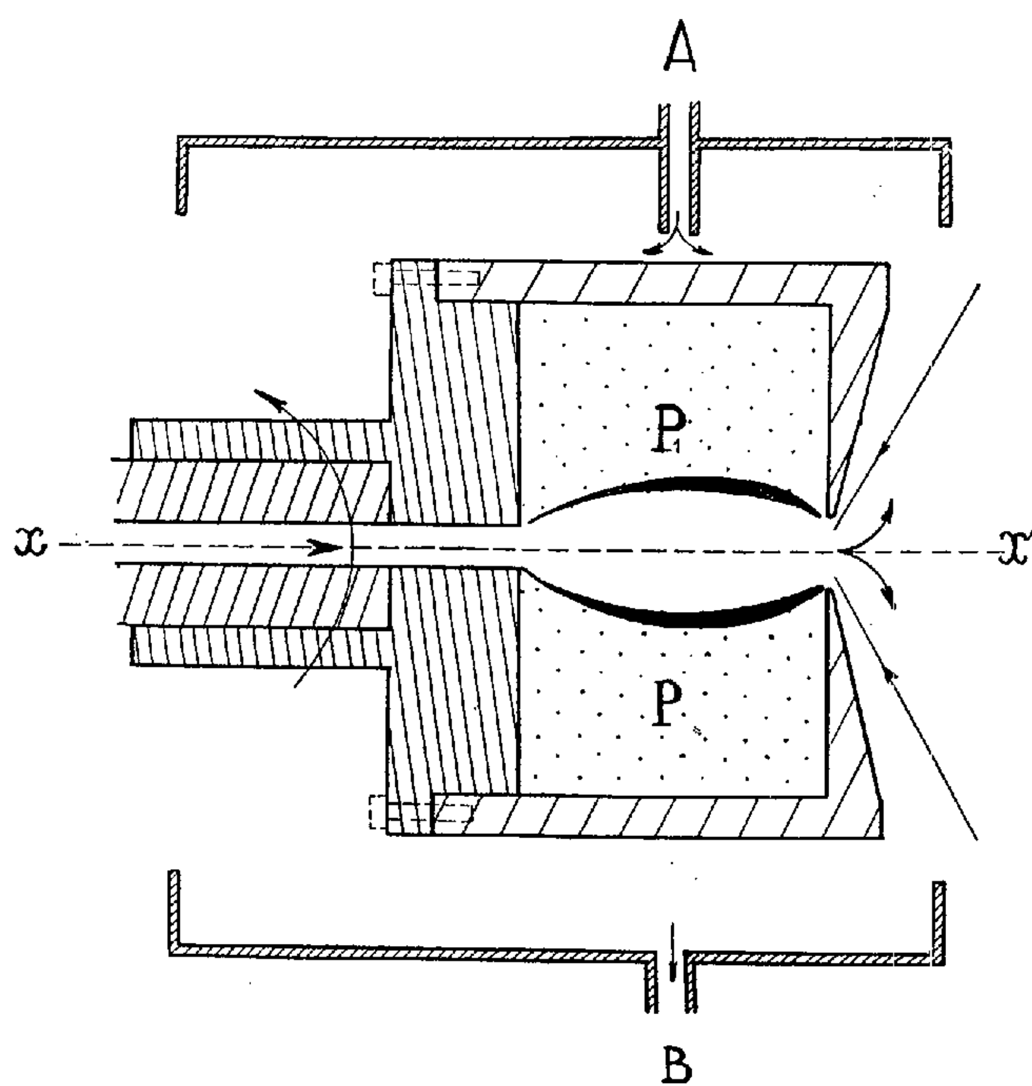
L'axe peut être plein ou creux afin de permettre une arrivée de gaz (de x vers x') réalisant une atmosphère conditionnée dans le four.

Une enveloppe métallique fixe entoure le four et permet de recueillir, en B, l'eau de réfrigération amenée par un tube A sur la paroi même de la capacité métallique tournante.

Le produit P à traiter, en grains ou en poudre, est, sous l'effet de la force centrifuge, plaqué sur les parois du four, constituant ainsi une cavité dans laquelle s'accumule l'énergie solaire admise par l'orifice central. Si ce produit est suffisamment isolant thermiquement, il se crée un gradient de température considérable entre la partie interne portée à haute température et la partie externe refroidie par la paroi métallique elle-même réfrigérée. La cavité s'agrandit plus ou moins au cours du traitement et l'on obtient un anneau P_1 fondu ou fritté, isolé thermiquement de la paroi métallique du four par le produit en poudre.

([2]) F. Trombe, M. Foëx et Ch. Henry La Blanchetais, *Comptes rendus*, 226, 1948, p. 83.
([3]) F. Trombe, M. Foëx et Ch. Henry La Blanchetais, *Comptes rendus*, 231, 1950, p. 44.

Les résultats obtenus, pour une installation de chauffage solaire déterminée, dépendent, en particulier, de la durée du traitement, du volume et de la forme de la capacité, de sa densité de chargement, de la vitesse de rotation, de l'intensité de la réfrigération de l'enveloppe métallique et, naturellement, de l'intensité du rayonnement solaire.



Cette méthode permet de fondre avec de bons rendements des substances dont le point de fusion peut atteindre 3000° C. Nous l'avons plus spécialement appliquée à la fusion du quartz (sable de Nemours), à celle de l'alumine et au traitement de la zircone.

Il est possible, dans certaines conditions, d'obtenir, avec la silice, des pièces de forme : creusets, anneaux, tubes, etc.

Le four précédent est d'une extrême simplicité de construction et d'un emploi très général. Il peut, en raison de la force centrifuge qui agit sur les substances traitées, fonctionner dans n'importe quelle position, soit dans l'air, soit en atmosphère conditionnée, ou même dans le vide.

Enfin, pour des vitesses de rotation élevées, l'action importante de la force centrifuge a permis une séparation des phases à haute température, qu'il s'agisse de phases non miscibles à l'état liquide ou d'une phase solide et d'un eutectique encore à l'état liquide.

CHIMIE PHYSIQUE. — *La mesure des chaleurs de transformation à l'aide de l'analyse thermique différentielle.* Note (*) de M. **Germain Sabatier**, présentée par M. Charles Mauguin.

Considérons une installation d'analyse thermique formée de deux creusets A et B auxquels sont assujetis les deux soudures d'un couple différentiel. Soit l une longueur caractéristique des dimensions de l'installation. En A nous plaçons l'échantillon étudié de conductibilité calorifique k. En B nous plaçons une substance de référence dont la conductibilité et la capacité calorifique sont voisines de celles de l'échantillon; elle ne subit aucune transformation dans l'intervalle de température étudié. On enregistre en fonction du temps la différence Δt des températures de A et B.

Si l'échantillon ne subit pas de transformation thermique Δt reste voisin de zéro, et l'on enregistre une courbe presque horizontale. Si l'échantillon subit une transformation s'accompagnant d'un effet thermique Q, on obtient une courbe différant de la précédente par un crochet au voisinage de la température de transformation. On montre que l'aire S comprise entre les deux courbes, et qui a les dimensions d'une température par un temps, est donnée par

$$S = \frac{\alpha}{kl} \cdot Q,$$

α étant un nombre sans dimensions, ne dépendant que de la forme de l'installation.

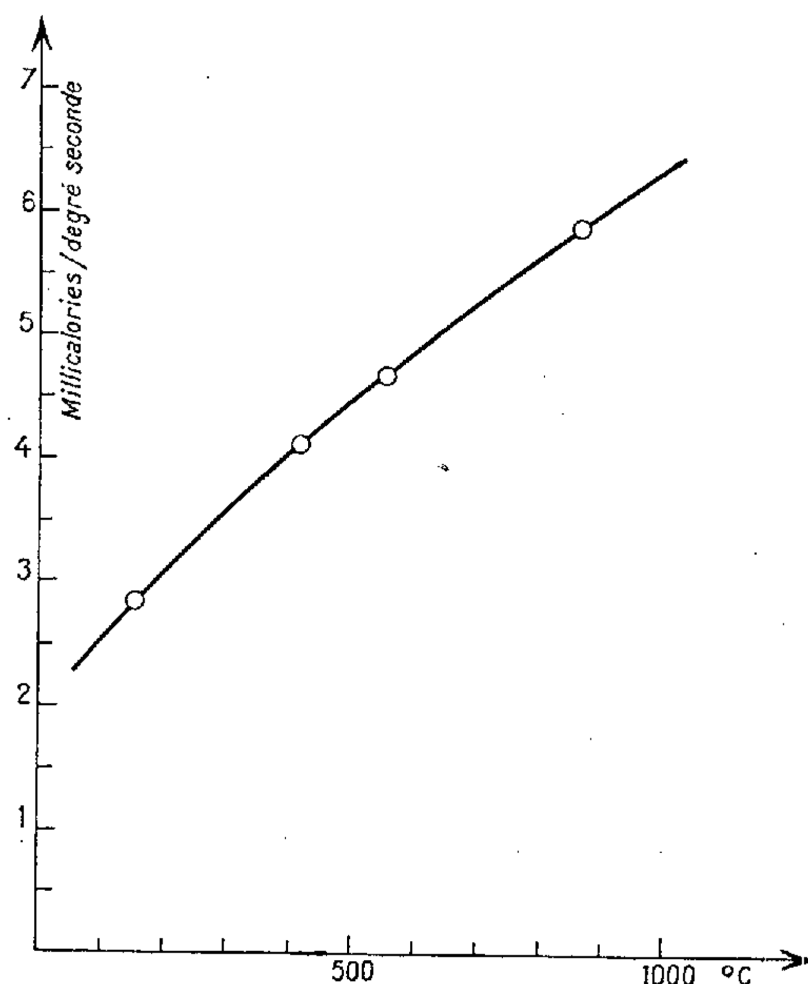
Pour appliquer cette relation au calcul de Q, on doit connaître k; or cette grandeur varie d'un échantillon à l'autre et peut se modifier d'ailleurs au cours de la transformation.

Pour remédier à cette difficulté, au lieu de placer en A l'échantillon pur, on la dilue dans la substance de référence; pour des dilutions assez grandes la conductibilité du mélange est sensiblement celle de la substance de référence pure et ne dépend plus de l'échantillon particulier étudié. Sans doute diminue-t-on ainsi fortement l'amplitude des crochets, mais la symétrie des creusets étant complète, on peut accroître beaucoup, sans dérive excessive, la sensibilité des appareils enregistreurs. L'expérience montre d'ailleurs que l'on peut diluer jusqu'à 20 % de l'échantillon dans le corps de référence sans modifier sensiblement la conductibilité à la condition que les granulométries des deux produits soient analogues.

Sous cette forme l'analyse thermique différentielle se prête à la mesure des chaleurs de transformation. Des essais nombreux nous ont, en effet, montré que la proportionnalité entre S et Q est satisfaite à toute température, et que S est bien invariant lorsqu'on modifie la vitesse avec laquelle la chaleur est libérée.

(*) Séance du 7 juillet 1952.

Pour mettre en œuvre la méthode, il faut réaliser d'abord un étalonnage donnant, pour la substance de référence choisie, la valeur de kl/α en fonction de la température. La figure ci-dessous donne la courbe d'étalonnage de notre installation pour de l'alumine calcinée, passant au tamis 100, de densité

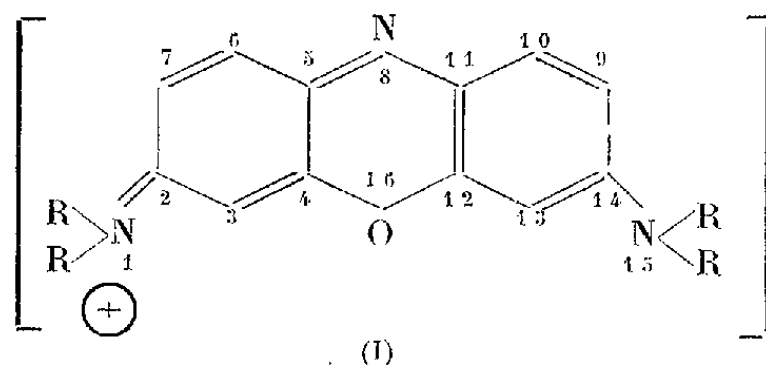


apparente 0,79. Les chaleurs de dissociation du gypse et des carbonates de zinc, de magnésium et de calcium, qui sont connues avec quelque précision, ont été utilisées comme étalons. Chaque point, correspondant à la moyenne de plusieurs mesures, s'aligne sur une courbe régulière presque rectiligne.

Il semble qu'on puisse compter sur une précision de 5 % pour la mesure de chaleurs de transformation de quelques dizaines de calories par gramme, les prises d'essai étant voisines de 100 mg.

CHIMIE THÉORIQUE. — *Étude d'un ion fondamental dans la série des oxazines.* Note (*) de M. **Jean Léon Masse**, présentée par M. Louis de Broglie.

Nous avons étudié par la méthode des orbitales moléculaires le squelette des colorants de la série des oxazines (I) :



(I)

(*) Séance du 18 août 1952.

Utilisant l'approximation LCAO ([1]), nous avons adopté pour α_N, α_O, β_{CN}, β_{CO} les valeurs suivantes :

$$\alpha_N = \alpha_C + 0,5\beta_{CC}, \qquad \alpha_O = \alpha_C + \beta_{CC},$$
$$\beta_{CN} = \beta_{CC}, \qquad \beta_{CO} = 1,5\beta_{CC}.$$

Nous avons négligé les intégrales d'échange entre atomes non voisins et les intégrales de recouvrement. Nous avons admis que chaque atome de carbone introduisait 1 électron π, l'atome d'azote en 8 : 1 électron π (comme dans la pyridine), l'atome d'oxygène 2 électrons π, chaque atome d'azote des sommets 1 et 15 : 2 électrons π, ce qui fait en tout 19 électrons π, mais comme nous considérons l'ion positif obtenu par perte d'un électron, il reste 18 *électrons* π.

De plus, nous avons supposé la planéité de la molécule.

Nous avons trouvé pour les niveaux énergétiques de la molécule, exprimés en unités β, les valeurs suivantes :

$-3,0790365 \pm 0,0000025$	Niveaux occupés dans l'état fondamental
$-2,1389165 \pm 0,0000015$	
$-1,964057 \pm 0,000002$	
$-1,7842955 \pm 0,0000025$	
$-1,3591022 \pm 0,0000004$	
-1	
$-0,7939867 \pm 0,0000003$	
$-0,3126632 \pm 0,0000001$	
$-0,2767159 \pm 0,0000001$	
$0,352344 \pm 0,000004$	Niveaux occupés dans les états excités
1	
$1,1961491 \pm 0,0000001$	
....	

Les charges relatives à chaque atome, leurs indices de valence libre et les indices de liaison entre atomes voisins sont donnés par le tableau ci-dessous :

N° des atomes.	Charges (unité $= -e$).	Indice de valence libre.	N° des liaisons.	Indices de liaisons.
1	+0,329	0,722	1-2	0,558
2	+0,064	0,068	2-3	0,614
3	−0,227	0,363	3-4	0,552
4	+0,083	0,135	4-5	0,445
5	+0,012	0,147	5-6	0,520
6	+0,008	0,242	6-7	0,768
7	−0,035	0,272	7-2	0,490
8	−0,143	0,293	4-16	0,598
16	+0,676	0,334	5-8	0,619

On peut remarquer que les atomes de carbone sont peu chargés, sauf

([1]) *Voir*, par exemple, C. A. Coulson et H. Longuet-Higgins, *Rev. Scient.*, 85, 1947, p. 929, 937; C. A. Coulson, *Trans. Farad. Soc.*, 42, 1946, p. 106.

l'atome 3, et que l'oxygène est deux fois plus chargé positivement que l'azote en 1 ou en 15. Ces données pourraient servir de guide dans la recherche d'une structure de sels de tels ions à l'état cristallin, quoique ces valeurs soient liées à des paramètres encore incertains. On peut aussi remarquer un fort indice de valence libre sur l'atome 1.

Le calcul des longueurs d'onde des maxima d'absorption suppose connue la valeur de l'intégrale β. Nous avons calculé cette valeur en prenant un corps de référence voisin de la molécule étudiée où l'azote en 8 est remplacé par CH. Ce corps a l'avantage de satisfaire aux règles de Lewis et de ne pas posséder un phényle, comme c'est le cas de la plupart des colorants connus se rapprochant de la molécule étudiée (colorants du triphénylméthane).

Pour ce corps de référence le maximum d'absorption se produit à 5 500 Å ([2]). En étudiant ce corps par la même méthode et avec les mêmes approximations, nous trouvons, pour le passage de l'état fondamental au premier niveau excité, la transition

$$\Delta y = 0,7561\,\beta_{CC}, \qquad \text{avec} \quad \Delta y = -\frac{1}{\beta} h\nu = \frac{K}{\lambda}$$

et

$$\lambda = 5\,500\ \text{Å}, \qquad \text{d'où} \qquad K = 4\,158,55.$$

En supposant pour le corps étudié (I) la même valeur de β_{CC}, nous trouvons $\lambda = 6\,610$ Å, la valeur expérimentale ([3]) étant pour R = groupe alkyle : $\lambda = 6\,500$ Å.

Nous voyons ainsi qu'avec un tel corps de référence, l'accord entre théorie et expérience est assez bon. La valeur de λ ainsi calculée est aussi proche de la valeur expérimentale que celle calculée par les règles empiriques de Lewis ([2]) : $\lambda = 6\,560$ Å à partir du vert malachite choisi comme corps de référence.

CHIMIE ORGANIQUE. — *Sur les dialcoyl (γ)-chloro-propynylcarbinols.* Note (*) de MM. **Jean Colonge** et **René Gelin**, présentée par M. Marcel Delépine.

Le chlorure de propargyle réagit, à froid, par sa fonction acétylénique vraie sur les cétones sodées avec formation d'alcools tertiaires α-acétyléniques γ-chlorés.

Les halogénures de propargyle présentent diverses possibilités réactionnelles, en particulier par la fonction acétylénique vraie et par la fonction halogénure

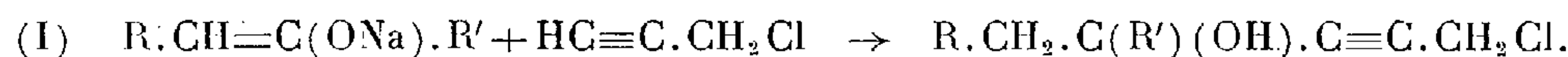
---

([2]) G. N. Lewis, *Rules for absorption Spectra of Dyes* (*J. of Amer. Chem. Soc.*, 67, 1945, p. 770).

([3]) J. Rémy, communication personnelle.

(*) Séance du 8 septembre 1952.

d'alcoyle. Nous avons déjà indiqué dans une précédente Note (¹) que le chlorure de propargyle réagit par son atome de chlore sur les dérivés sodés des esters acétylacétiques et maloniques; dans celle-ci, nous montrons qu'il réagit par sa fonction acétylénique vraie sur les cétones sodées en donnant des alcools à fonction complexe : les *dialcoyl* (γ*-chloro*)*-propynylcarbinols* (I).



(I) $R.CH{=}C(ONa).R' + HC{\equiv}C.CH_2Cl \rightarrow R.CH_2.C(R')(OH).C{\equiv}C.CH_2Cl$.

Le fait est assez inattendu car la réactivité de l'atome de chlore du chlorure de propargyle est relativement élevée; nos propres mesures de vitesses réactionnelles comparatives entre l'iodure de potassium d'une part et les chlorures d'allyle et de propargyle d'autre part, faites selon le procédé de Conan (²), indiquent qu'à 25° le chlorure acétylénique est 2,5 fois plus réactif que le chlorure éthylénique vis-à-vis de la solution acétonique d'iodure de potassium.

Toutefois, entre — 5° et 0°, la fonction acétylénique vraie du chlorure de propargyle réagit plus vite que la fonction chlorure d'alcoyle sur les cétones sodées et, dans nos divers essais, les eaux mères ne renfermaient jamais plus de 9 % du chlore, apporté par le chlorure de propargyle, sous forme de chlorure de sodium.

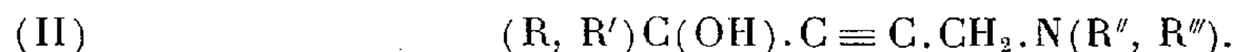
Mode opératoire. — Les cétones sont sodées par le procédé classique, au moyen de l'amidure de sodium en milieu éthéré; puis on refroidit vers — 5° et l'on ajoute peu à peu le chlorure de propargyle (1,25 mole par mole de cétone); dès la fin de l'addition qui dure environ 45 mn, on hydrolyse sur glace. Après les traitements habituels, on rectifie sous vide l'alcool tertiaire.

Méthyl-4 chloro-1 heptyne-2 ol-4 $C_8H_{13}OCl$. — Obtenu à partir de la méthylpropylcétone, Rdt 31 %. Liquide, $É_{38}$ 126°; d_4^{20} 1,000. Cl % calculé 22,10; trouvé 20,9.

Éthyl-4 chloro-1 hexyne-2 ol-4 $C_8H_{13}OCl$. — Obtenu à partir de la diéthylcétone, Rdt 32 %. Liquide, E_{28} 115°; d_4^{20} 1,022, Cl % calc. 22,10; tr. 21,30.

Triméthyl-4.5.5 chloro-1 hexyne-2 ol-4 $C_9H_{15}OCl$. — Obtenu à partir de la pinacolone, Rdt 50 %. Liquide, E_{25} 110-111°; d_4^{20} 0,999. Cl % calc. 20,3; tr. 19,6.

Les propriétés de ces composés sont à l'étude; nous avons déjà constaté qu'ils réagissent sur les amines primaires et secondaires avec formation d'*alcools tertiaires* α*-acétyléniques* γ*-aminés* (II) :



(II) $(R, R')C(OH).C{\equiv}C.CH_2.N(R'', R''')$.

C'est ainsi que le triméthyl-4.5.5 chloro-1 hexyne-2 ol-4 et la diéthylamine donnent le composé suivant :

Triméthyl-4.5.5 diéthylamino-1 hexyne-2 ol-4 $C_{13}H_{25}ON$. — Liquide visqueux, E_{30} 145°; d_4^{20} 0,901. N % calc. 6,64; tr. 6,47.

(¹) *Comptes rendus*, 234, 1952, p. 633.

(²) *J. Amer. Chem. Soc.*, 47, 1925, p. 476-489.

CHIMIE ORGANIQUE. — *Sur un mode inédit de cyclisation des pseudoirones (méthyl-3-pseudoionones).* Note (*) de MM. **Yves-René Naves** et **Pierre Ardizio**, présentée par M. Marcel Delépine.

La formation d'irones est accompagnée, au cours de la cyclisation des pseudo-irones par le trifluorure de bore, de la production d'oxydes isomères, que l'on doit considérer comme des pentaméthyl-tétrahydro-2.1$_{\rm H}$-benzo-pyrannes.

L'un de nous a signalé la présence, parmi les produits de cyclisation des pseudo-irones par le trifluorure de bore, d'oxydes $C_{14}H_{22}O$ (1). Ces oxydes se trouvent dans les premières fractions distillables, mélangés à des irones, que nous avons éliminées à l'aide du réactif P de Girard et Sandulesco (2). Deux d'entre eux nous ont donné, au contact d'une solution hydroalcoolique d'acétate de semicarbazide, les semicarbazones $C_{15}H_{27}O_2N_3$ dérivées des hydroxy-cétones $C_{14}H_{24}O_2$ dont ces oxydes sont les anhydrides des formes énoliques. La semicarbazone la moins soluble dans l'alcool fond à 196-197° et l'autre à 185,5-186°; elles présentent, en solution alcoolique, une bande d'absorption à 229-230 mμ (log ε, respectivement, 4,14 et 4,05); elles ne possèdent donc pas de liaison éthylénique en α; leur hydrolyse redonne les oxydes (I) et (II) $C_{14}H_{22}O$, aisément hydrogénables sur $Pt(O_2)$ en oxyde saturé $C_{14}H_{26}O$ (III). Il s'agit donc d'oxydes isomères par l'emplacement de la liaison éthylénique éloignée de l'oxygène et les réfractions moléculaires, les spectres ultraviolets et infrarouges, des essais infructueux de réduction par le sodium en présence d'alcool et de condensation avec l'anhydride maléique, montrent que les liaisons éthyléniques ne sont pas conjuguées. L'absence de proportions notables d'aldéhyde formique dans les produits de leur ozonolyse et l'examen de leurs spectres infrarouges montrent qu'il n'y a pas de liaison éthylénique terminale ($>C=CH_2$). Au contact d'une solution bouillante d'acide oxalique, l'oxyde (I) demeure pratiquement inaltéré, tandis que l'oxyde (II) est transformé partiellement en un isomère (IV) à liaisons éthyléniques conjuguées. Les oxydes et leur produit d'hydrogénation ont pour principaux caractères [dans l'ordre (I), (II), (III), (IV)] :

$É_{3,0}$ 90-91°; 93-94°; 86-87°; 105-106°; d_4^{20} 0,9580; 0,9566; 0,9258; 0,9654; n_D^{20} 1,4961; 1,5035; 1,4738; 1,5204; RM_D 62,88; 63,43; 63,79; 64,97 (calculée, pour $C_{14}H_{22}O$, F_2, 63,16; pour $C_{14}H_{26}O$, 64,09).

(*) Séance du 8 septembre 1952.

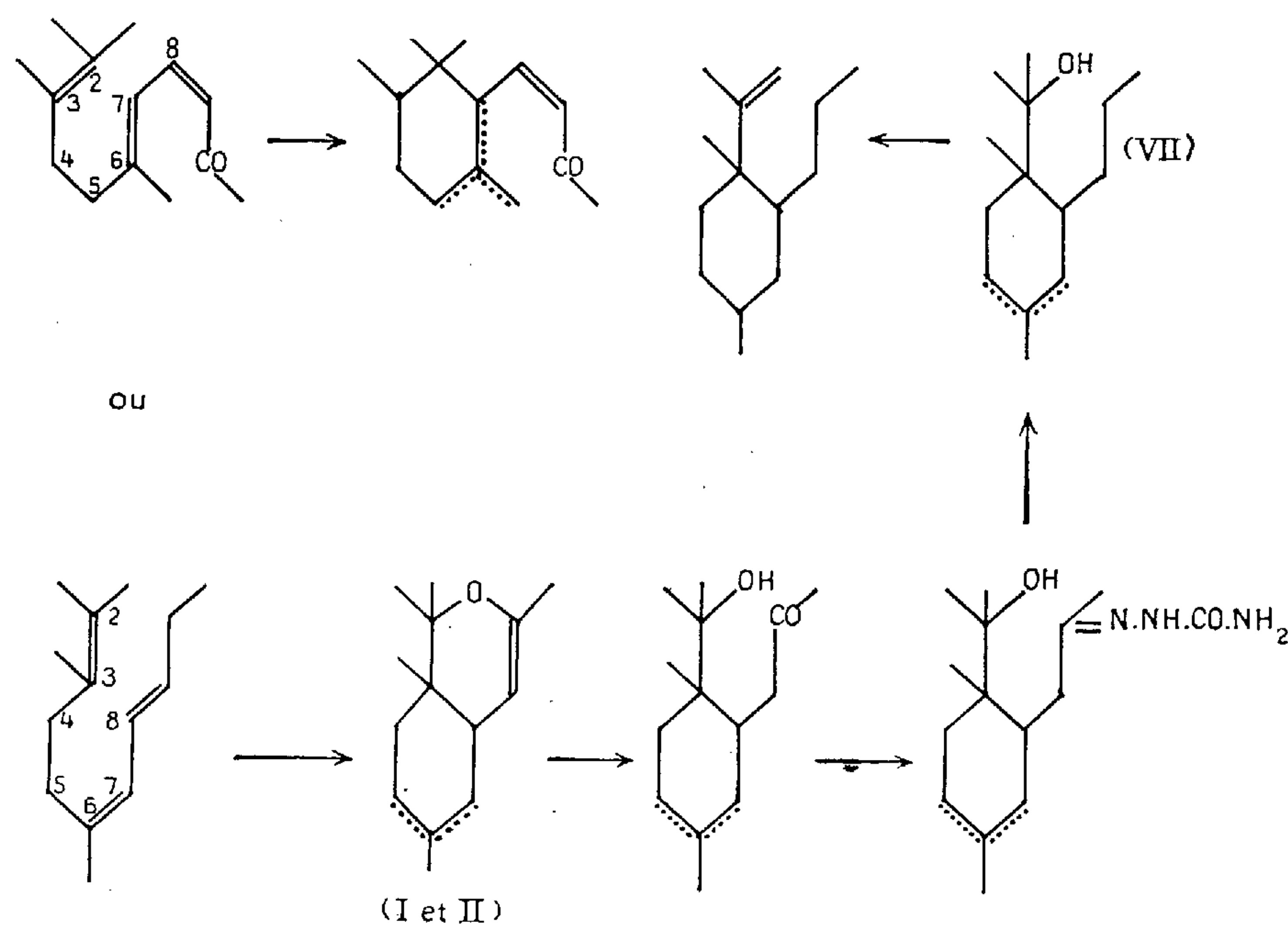
(1) Naves, *Bull. Soc. Chim. Fr.*, 1950, p. 1241.

(2) *Helv. Chim. Acta*, 19, 1936, p. 1097.

(3) *Bull. Soc. Chim. Fr.*, (5), 3, 1936, p. 613; Naves, *Helv. Chim. Acta*, 32, 1949, p. 1151.

Réduites selon Kishner-Wolff, les semicarbazones donnent, avec régénération partielle des oxydes, les alcools tertiaires (essai par acétylation pyridinique) correspondants $C_{14}H_{26}O$ (V) et (VI), aisément hydrogénables en un alcool saturé $C_{14}H_{28}O$ (VII). Ces produits ont pour caractères principaux :

$É_{3,0}$ 107-108°; 108-109°; 103-104°; d_4^{20} 0,9330; 0,9327; 0,9132; n_D^{20} 1,4895; 1,4906; 1,4764; RM_D 65,06; 65,23; 65,60 (calculée, pour $C_{14}H_{26}O$, F_1, 65,71; pour $C_{14}H_{28}O$, 66,17).



(I et II)

Déshydraté au contact d'hydrogéno-sulfate de potassium, l'alcool (VII) donne, avec des rendements supérieurs à 90 %, un hydrocarbure $C_{14}H_{26}$:

$É_{3,0}$ 80-82°; d_4^{20} 0,8478; n_D^{20} 1,4692; RM_D 63,88 (calculé F_1, 64,18). L'ozonolyse de cet hydrocarbure selon Dœuvre (³) livre 87,8 à 99% d'aldéhyde formique, et selon Ruzicka (⁴) 55 à 61 %. Son spectre infrarouge confirme la présence d'un groupement $> C = CH_2$ [$\nu(C = C) = 1628\ cm^{-1}$; $\delta(C - H) = 890\ cm^{-1}$].

D'après ces travaux, qui vont être approfondis et étendus, nous croyons pouvoir considérer les oxydes $C_{14}H_{22}O$ isomères des irones, comme dérivés de l'iso-chromène. L'oxyde (I) serait le pentaméthyl-1.1.3.6.8*a*-tétrahydro-4*a*.5.8.8*a*-(2.1$_H$)-benzo-pyranne et l'oxyde (II), aisément isomérisable en oxyde diénoconjugué, le pentaméthyl-1.1.3.6.8*a*-tétrahydro-4*a*.7.8*a*-(2.1$_H$)-benzo-pyranne. Ceci dévoile un mode inédit de cyclisation des pseudo-

(⁴) *Cf.* Naves, *Helv. Chim. Acta*, **32**, 1949, p. 2186.

irones qui lie les atomes de carbone 3 et 8 au lieu de ceux en 2 et 7. Il se fait des hydroxy-cétones $C_{14}H_{24}O_2$ dont les formes énoliques engendrent, par déshydratation, le noyau α-pyrannique. La polarisation de la liaison 2.3 des pseudoirones est donc susceptible de prendre les sens opposés.

BIOCHIMIE VÉGÉTALE. — *Structure des sapogénines stéroliques et chromatographie de partage sur papier.* Note (*) de MM. **Charles Sannié** et **Henri Lapin**, présentée par M. Roger Heim.

Dans un travail antérieur ([1]) nous avons décrit deux réactions colorées des sapogénines à noyau stérolique, et la technique de chromatographie sur papier permettant de séparer ces corps et de les identifier dans un mélange. Nous nous proposons maintenant de montrer que cette méthode apporte en outre des renseignements précieux sur leur structure.

Nous avons eu à notre disposition seize sapogénines stéroliques, que nous avons préparées ou qui ont été envoyées par MM. C. Djerassi et C. R. Noller. Ce sont la smilagénine, la sarsasapogénine, la tigogénine, la diosgénine, l'hécogénine, la samogénine, la gitogénine, la digitogénine, la mexogénine, la chlorogénine, la manogénine, la kammogénine, enfin par réduction des génines cétoniques correspondantes avec BH_2K, les rockogénines α et β et les agavogénines α et β.

Toutes ont un OH en position β dans le noyau stérolique. Les autres fonctions sont représentées par un ou deux autres oxhydryles, soit α, soit β, en 2, en 6, en 12, ou exceptionnellement en 15 sans doute dans la digitogénine, enfin par une double liaison en 5-6, par l'isomérie « normale » et « iso » de la chaîne latérale spiranique et par l'isomérie *cis* et *trans* des noyaux A et B.

L'emploi de solvants différents permet de séparer ces corps en deux groupes. L'un, chromatographié avec un mélange essence E de Shell (PE 100-125°) —$CHCl_3$—CH_3COOH=100—4—1, sépare la smilagénine, la sarsasapogénine, la tigogénine et la diosgénine. Les taches de ces deux dernières sont très voisines, mais la révélation par le réactif à $SbCl_3$ permet aisément de les distinguer. Bien au-dessous, entre les deux groupes, se place l'hécogénine. Le mélange essence —$CHCl_3$—CH_3COOH=100—40—4 sépare les onze autres génines; cependant certaines (rockogénine α et samogénine, kammogénine et agavogénine naturelle) sont trop voisines pour être identifiées avec certitude si elles coexistent dans un mélange; il faut alors procéder à une chromatographie bidimensionnelle, ou à celle des acétates, comme nous allons l'indiquer.

(*) Séance du 11 août 1952.

([1]) *Comptes rendus*, 233, 1951, p. 1670.

La vitesse de déplacement des génines dépend essentiellement du nombre d'oxhydryles dans la molécule. Pour celles du groupe I, qui n'ont qu'un OH β en 3, on constate que c'est d'abord l'isomérie de la chaîne spiranique, puis celle du noyau A/B (*cis* ou *trans*), enfin la présence d'une double liaison qui règle l'ascension des spots. Ainsi la smilagénine (chaîne latérale *iso*, noyau A et B *cis*) migre plus vite que la sarsasapogénine, qui n'en diffère que par la chaîne latérale « normale », et encore plus vite que la tigogénine, qui n'en diffère que par la disposition des noyaux A/B (*trans* au lieu de *cis*).

Une double liaison en 5-6 ralentit relativement peu la vitesse de déplacement (spot de la diosgénine au-dessous mais très voisin de celui de la tigogénine). L'existence d'une fonction cétone en 12 la ralentit davantage, mais c'est surtout la transformation de CO en CHOH ou l'accumulation des hydroxyles qui intervient sur cette vitesse, les isomères β l'augmentant davantage, semble-t-il, que les isomères α (rockogénine β au-dessus de la rockogénine α).

Il est donc possible, d'après la place occupée par le spot d'une génine, d'obtenir des indications précieuses non seulement sur sa nature, mais aussi sur sa constitution.

Cette méthode permet en outre d'identifier la présence dans une génine d'une ou de plusieurs fonctions cétones, non seulement d'après sa place sur le chromatogramme, mais en étudiant son comportement après acétylation. Les spots de la kammogénine et de l'agavogénine naturelle sont trop voisins pour permettre leur identification sûre. Il suffit d'acétyler à fond quelques milligrammes du mélange de ces deux composés et de les chromatographier avec le solvant du groupe II. L'agavogénine, entièrement acétylée, migre avec le front du solvant, alors que la kammogénine qui a en outre une fonction CO insensible à l'acétylation, migre bien plus lentement, et est alors aisément reconnue.

La préparation des sapogénines nous a demandé un long travail, et nous n'avons pu cependant en avoir que seize, sur environ vingt-sept connues. Malgré cela, en appliquant notre méthode à un saponoside isolé d'*Agave americana* par M. Balansard, nous avons observé une tache placée entre celui de l'hécogénine et celui de la rockogénine α, et qui doit être celui de la 9-déhydrohécogénine, tout récemment signalée dans des Agaves américains par Wagner, Forker et Spitzer ([2]).

Cette technique, par sa précision et sa sensibilité, permet aisément l'étude des sapogénines stéroliques sur de petites quantités de plantes; nous sommes ainsi parvenus à identifier la génine d'*Agave maculosa*, sur un échantillon desséché ne pesant que 4,5 g. Nous nous proposons de l'appliquer à l'inventaire des saponosides des Agaves cultivés dans les serres du Muséum.

([2]) *Journ. of the Amer. Chem. Society*, 73, 1951, p. 2494.

BIOLOGIE. — *Sur la variété d'expression d'une certaine anomalie (P) chez la Grenouille verte* (Rana esculenta *L.*). Note de M. **Jean Rostand**, présentée par M. Maurice Caullery.

Dans une Note récente (¹) nous avons signalé la remarquable diversité avec laquelle s'exprime, chez les *Rana esculenta* provenant de l'étang de Trévignon (Finistère), une certaine anomalie qui peut aller depuis la simple présence d'un orteil supplémentaire (polydactylie) jusqu'à la présence de pieds ou de pattes surnuméraires et d'excroissances de types variés. Dans cette population, la polydactylie, fréquente parmi les adultes, apparaît comme une manifestation discrète et bénigne d'une anomalie, encore bien plus fréquente parmi les larves, et qui, sous sa forme extrême, entraîne la mort précoce de celles-ci.

La description sommaire de quelques individus présentant l'anomalie à un degré accentué donnera une idée de son polymorphisme.

1° Pattes postérieures de longueur subnormale, mais légèrement tordues et incapables de se plier à l'articulation fémoro-tibiale. 6 orteils à droite, 8 à gauche. A droite, au niveau de l'extrémité distale de la cuisse (genou), un petit membre surnuméraire terminé par 3 orteils, et, à la partie supérieure de la cuisse, 3 protubérances, dont 2 coniques et une globuleuse. A gauche, en même situation, un petit membre terminé par 6 orteils, et une protubérance conique. 5 doigts à chaque main.

2° Brachymélie postérieure moyenne. A droite, 6 orteils typiques, plus 7 orteils rudimentaires, disposés en une lame pectinée sur le côté interne du pied. A gauche, 6 orteils typiques, plus 6 orteils rudimentaires. Excroissance globuleuse dans la région supérieure de la cuisse droite. 4 doigts, dont un pouce bifide, à chaque main.

3° Brachymélie postérieure forte. 7 orteils de chaque côté. A droite, au niveau du genou, une protubérance conique, et une autre, plus allongée, portant 2 orteils. A gauche, au même niveau, deux protubérances, dont l'une porte 3 orteils. Brachymélie antérieure; 5 doigts à chaque main.

4° Brachymélie postérieure forte. A droite, 8 orteils typiques, plus 8 orteils rudimentaires. A gauche, 7 orteils typiques, plus 7 orteils rudimentaires. Au niveau du genou droit, une courte protubérance, et des deux côtés, dans la région inguino-ventrale, une forte excroissance globuleuse. Brachymélie antérieure. A droite, 5 doigts, dont un pouce bifide; à gauche 7 doigts.

5° Brachymélie postérieure forte. A droite, 6 orteils typiques, plus 11 orteils rudimentaires, distribués en plusieurs massifs, et une excroissance conique sur le côté interne du pied. A gauche, 4 orteils typiques, plus

(¹) *Comptes rendus*, 235, 1952, p. 322.

10 orteils rudimentaires. Brachymélie antérieure. A chaque main, 5 doigts, dont un pouce bifide.

L'examen de ces animaux, et d'une trentaine d'autres, nous conduit à faire les remarques suivantes.

L'anomalie en question (que nous appellerons l'anomalie P) se manifeste par deux sortes de formations tératologiques : celles qui reproduisent des organes (orteils ou doigts, pieds ou pattes surnuméraires), et celles qui ne ressemblent à aucun organe (tératomes variés), en forme de cône, de pointe, de masses plus ou moins arrondies. On trouve d'ailleurs des intermédiaires entre les deux sortes de formations.

Le type de l'hypermorphose dépend du territoire organique où elle prend naissance. Ainsi, les pattes surnuméraires se forment principalement à l'extrémité distale de la cuisse; les orteils, sur le côté interne du pied. Quant aux excroissances non organoïdes, elles apparaissent un peu partout, les plus volumineuses appartenant à la région inguino-ventrale. Toutes les hypermorphoses des membres se trouvent en position ventrale.

Les formations organoïdes sont le plus souvent disposées de façon symétrique, ce qui semblerait indiquer une action précoce du facteur tératogène. Les membres antérieurs sont moins affectés que les postérieurs; je n'ai jamais constaté la présence d'un bras ou d'une main surnuméraires.

La brachymélie ressortit au syndrome fort de l'anomalie P. On voit fréquemment des polydactyles non brachymèles, mais jamais de brachymèles non polydactyles.

Les sujets fortement atteints sont actifs et vigoureux durant toute la période larvaire; les troubles se déclarent au moment de la métamorphose. Aucune grenouille fortement brachymèle n'a pu survivre, en terrarium, plus de quelques jours.

Il est assez tentant de rapprocher l'anomalie P de l'anomalie dite « énation » qui s'exprime, chez diverses plantes, par la présence d'extrusions (*overgrowths*) d'aspect folioïde sur le limbe des feuilles ([2]). Celle-ci est déterminée tantôt par un facteur génétique, tantôt par un virus. Chez *Rana*, nous ignorons quelle est l'origine de l'anomalie P, mais on concevrait que, chez des animaux comme les Batraciens, où les tissus conservent longtemps leur pouvoir de régénération, un agent capable d'exciter la prolifération cellulaire pût, comme chez les plantes, provoquer la formation d'hypermorphoses.

Quel que soit le déterminisme, génétique ou infectieux ([3]), de l'anomalie P,

---

([2]) *Voir* J. Cuzin, A. Fardy et D. Schwartz, *Revue scientifique*, 86, 1948, p. 141.

([3]) L'hypothèse d'un facteur infectieux de la polydactylie m'avait été suggérée dès 1949 par M. le Professeur Caullery, lors de mes premières observations sur la polydactylie massive des Grenouilles de Trévignon.

nous pensons que, par sa fréquence, elle pourrait fournir un matériel précieux à l'étude des phénomènes de croissance tératologique.

CHIMIE BIOLOGIQUE. — *A propos de la notion de vitamine P. La fragilité vasculaire avitaminique.* Note (*) de M. **Raoul Lecoq**, présentée par M. Maurice Javillier.

La notion de vitamine P, que Lavollay et Neumann, avec leurs collaborateurs, ont grandement contribué à préciser, risque cependant d'être ébranlée par leurs récentes publications ([1]). Ils concluent, en effet : « l'hypothèse de la *nécessité* d'un facteur autre que l'acide ascorbique qui serait *indispensable* pour éviter la fragilité vasculaire ou pour assurer la fixation de l'acide ascorbique est donc *exclue* ». Hâtons-nous d'ajouter que ces déductions ne sont évidemment valables que pour les conditions d'expériences réalisées par les auteurs. Nos recherches permettent, croyons-nous, de situer plus équitablement le problème et de fortifier, tout en la limitant, la notion de vitamine P.

Le syndrome de fragilité vasculaire a été associé avec raison à la carence de vitamine P; mais cette association n'apparaît évidente qu'autant que l'on réalise un régime d'avitaminose stricte correspondante et encore doit-on penser que la fragilité peut connaître d'autres causes : troubles nutritifs, dysendocrinies, etc. Si, avec Mme L. Randoin, nous avons réalisé un régime producteur de polynévrite aviaire par déséquilibre glucidique, syndrome sur lequel la thiamine et même le complexe B ajoutés en forte proportion restent sans effet, il ne nous est jamais venu à l'esprit de nier que la polynévrite fut une manifestation caractéristique de l'avitaminose B_1 et de prétendre que la thiamine n'est pas le facteur spécifique qui comble cette carence et guérit la polynévrite correspondante.

Il faut admettre, et c'est une loi générale sur laquelle nous avons insisté, que des syndromes avitaminiques nombreux connaissent des causes multiples et exigent des traitements différents pour s'amender. Le rachitisme peut être aussi bien provoqué par un état d'acidose que d'alcalose; mais tandis qu'il guérit dans le second cas, par exposition à la lumière du soleil ou irradiation ultraviolette, dans le premier, il se montre uviorésistant.

Or, le purpura hémorragique (maladie humaine où la fragilité vasculaire est l'élément capital) cède, comme nous l'avons montré avec Andréani ([2]), suivant qu'il s'accompagne d'un état acidosique, soit à la vitamine K, soit à la vitamine C, renforcée ou non par la vitamine P. Cette notion, proprement

(*) Séance du 8 septembre 1952.

([1]) *Comptes rendus*, **234**, 1952, p. 894-1407.

([2]) *Gazette méd. France*, **54**, 1947, p. 669.

clinique, nous a paru justifiée dans des manifestations moins spectaculaires où la fragilité vasculaire était également en cause (sujets faisant aisément des hématomes).

Nos travaux avec P. Chauchard et H. Mazoué, sur la fragilité vasculaire du rat, et ceux relatifs à l'action qu'exercent sur l'équilibre acido-basique les diverses substances agissant sur cette fragilité, nous ont conduit à une explication cohérente de tous les phénomènes enregistrés. Nous avons montré qu'il est possible de produire, avec un régime à base de farine et son de blé, chez rats et cobayes par exemple, une avitaminose P *vraie* (3), caractérisée notamment par la fragilité vasculaire, et qui n'est pas due à l'avitaminose C (l'acide ascorbique est alors quotidiennement donné en quantité suffisante pour la durée des expériences : 5 mg pour le Rat, 10 mg pour le Cobaye). Or, seuls les facteurs d'activité vitaminique P corrigent les effets nerveux de cette avitaminose spécifique et augmentent de façon satisfaisante et durable la résistance vasculaire (4).

Les facteurs qui peuvent être considérés comme vitamines P sont l'épicatéchine, le rutoside, le chromogène leuco-anthocyanique de l'arachide. L'adrénochrome, substance métabolique apparentée, agit de manière identique. Toutes ces substances sont douées de propriétés *alcalosiques*, qui se manifestent, chez des animaux au régime varié, soit par la neutralisation des effets nerveux d'une injection préalable acidogène (chlorure d'ammonium), soit par l'augmentation de la réserve alcaline sanguine.

L'acide ascorbique et l'esculoside se montrent, dans des conditions identiques, des substances *acidosiques*. L'un et l'autre exercent une action incontestable sur la résistance vasculaire soit des sujets normaux, soit des sujets soumis à un régime d'avitaminose P; même les effets de l'un ou l'autre se renforcent lorsque leur action s'épuise. Mais la correction de la fragilité vasculaire liée à l'avitaminose P n'est satisfaisante et durable qu'avec un des facteurs du groupe P cités. Acide ascorbique et esculoside sont d'ailleurs incapables de corriger les troubles chronaximétriques de l'avitaminose P, et de même la vitamine K. Esculoside, rutoside, et épicatéchine, exercent une action commune renforçatrice sur la neutralisation *transitoire* des effets nerveux du scorbut. Ce qui ne signifie pas que, dans ce cas, ces substances sont indispensables, ni qu'elles peuvent se substituer à la vitamine C. Elles exercent encore une action commune dans l'exaltation des effets de l'adrénaline.

Conclusions. — Des causes multiples peuvent provoquer un syndrome de fragilité vasculaire. Toutes les substances qui corrigent la fragilité vasculaire ne sauraient donc être considérées comme des vitamines P.

---

(3) *C.R. Soc. Biol.*, **143**, 1949, p. 454.

(4) *Thérapie*, **4**, 1949, p. 232.

Le cadre des vitamines P est limité par la possibilité qu'ont ces facteurs de compléter valablement et durablement un régime d'avitaminose P strict, dont la fragilité vasculaire n'est qu'une des manifestations.

Dans ce groupe entrent le rutoside, l'épicatéchine, le chromogène de l'arachide, toutes substances d'activité alcalosique et qui, spécifiquement, empêchent les effets de la carence P vraie, qui est acidosique. L'acide ascorbique et l'esculoside, substances acidosiques, qui exercent une action certaine sur la fragilité vasculaire, ne sauraient cependant être confondues avec les vitamines du groupe P.

La séance est levée à 15 h 40 m.

L. B.

BULLETIN BIBLIOGRAPHIQUE.

Ouvrages reçus pendant les séances de juillet 1952.

La specola vaticana nel passato e nel presente, par G. Stein et G. Junkes. Citta de Vaticano, Specola vaticana, 1952; 1 vol. 21,5 cm.

International astronomical Union. *Congresso mondiale di astronomica*. VIII. *Assemblea generale dell' Unione astronomica internazionale. Programme preliminare.* Rome, september 4th to 13th 1952 ; 1 fasc. 21 cm.

Fishing boat series II. Study of the ultrasonic Echosounder, Fish-Finder and its application. December 1951. Tokyo, Fisheries Agency; 1 fasc. 26 cm (en langue japonaise).

Martempering. Invention and Early History, by Richard F. Harvey. Reprinted from *Iron and Steel*, 1952; 1 feuille 28 cm.

Fortuna Domus. A series of lectures delivered in the University of Glascow in commemoration of the fifth centenary of its foundation, published by the University. Glascow, Robert Mac Lehose and Company, the University Press, 1952 ; 1 vol. 22 cm.

Les bases de la Stéréochimie, par Paul Niggli. Traduit par J. Vialle et T. Katz. Paris, Dunod, 1952 ; 1 vol. 24,5 cm.

International Union of Pure and applied chemistry. *XIII th International Congress of pure and applied Chemistry. XVII th Conference of the Union.* Stockholm, July 29th to August 4th 1953. Uppsala August 5th to 7th 1953. *First circular*. Stockholm, Tryckeribolager orion, 1952; 1 fasc. 21 cm.

Congo belge et Ruanda-Urundi. Direction générale des affaires économiques. Service géologique. Mémoire n° 1, 1950. *L'éruption du volcan Gituro (Kivu, Congo belge) de mars à juillet* 1948, par HAROUN TAZIEFF. Leopoldville et Costermansville, Service géologique, 1951; 1 vol. 24 cm.

Essai de Cartographie parcellaire de la Commune de Boissières (Gard) (Introduction à l'étude de la Vaunage), par JEAN-P. BARRY, *in Atlas de Cartographie.* Montpellier, Imprimerie de la Charité, 1952; 1 fasc. 32 cm.

Ministère des travaux publics, des transports et du tourisme. Publications techniques de l'Institut géographique national. *Note sur le calcul des grandes géodésiques, avec XI Tables annexes*, par J. J. LEVALLOIS et MICHEL DUPUY. Paris, Imprimerie de l'Institut géographique national, 1952; 1 vol. 27 cm.

(*A suivre.*)

―
ACADÉMIE DES SCIENCES.

SÉANCE DU LUNDI 22 SEPTEMBRE 1952.

PRÉSIDENCE DE M. AUGUSTE CHEVALIER.

MÉMOIRES ET COMMUNICATIONS

DES MEMBRES ET DES CORRESPONDANTS DE L'ACADÉMIE.

RADIOBIOLOGIE. — *Synthèse d'un hexœstrol marqué par deux atomes de tritium.* Note de MM. **Antoine Lacassagne, N. P. Buu-Hoï, Ng. Dat Xuong, François Zajdela** et **Bernard Eckert**.

On décrit la préparation d'un œstrogène artificiel, l'hexœstrol, marqué par deux atomes de tritium en position 2 et 5.

Si la synthèse de plusieurs hormones sexuelles marquées par du radiocarbone C_{14} a déjà été décrite dans la littérature (¹), peu de travaux similaires ont été effectués jusqu'à présent avec l'isotope radioactif de l'hydrogène. Les seules recherches publiées à ce sujet sont, à notre connaissance, celles de Williams et Ronzio (²) qui ont synthétisé récemment à Los Alamos de l'hexœstrol marqué, en réduisant le diénœstrol par de l'hydrogène contenant du tritium.

Étant donné l'intérêt que présentent de telles substances marquées pour l'étude du métabolisme des hormones sexuelles, notamment par la technique autohistoradiographique innovée par l'un de nous (³), nous avons mis au point une synthèse permettant de préparer un hexœstrol tritié beaucoup plus aisément que par la méthode de Williams et Ronzio.

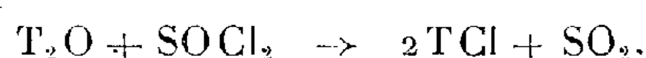
La nouvelle synthèse part de l'eau tritiée contenant environ 1 molécule T_2O pour 4×10^6 molécules H_2O, provenant de Harwell (Angleterre), et dont la radioactivité est de 1 mC/cm³. Elle comprend les stades suivants :

(¹) *Voir* par exemple la synthèse de la progestérone-21-C_{14} par B. Riegel et F. S. Prout, *J. Org. Chem.*, 13, 1948, p. 933.

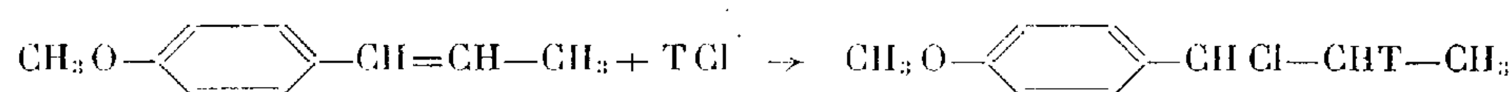
(²) *J. Amer. Chem. Soc.*, 72, 1950, p. 5787.

(³) A. Lacassagne et J. Lattes, *C. R. Soc. Biol.*, 90, 1924, p. 352.

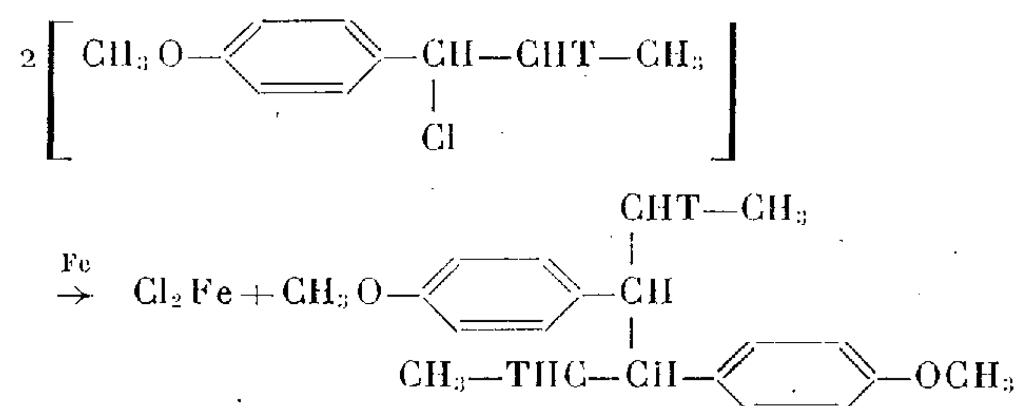
1° L'eau tritiée a été convertie en gaz chlorhydrique contenant 1 molécule de chlorure de tritium pour 4×10^6 molécules ClH, par action du chlorure de thionyle, dans un appareil étanche, à la pression atmosphérique :


$$T_2O + SOCl_2 \rightarrow 2TCl + SO_2.$$

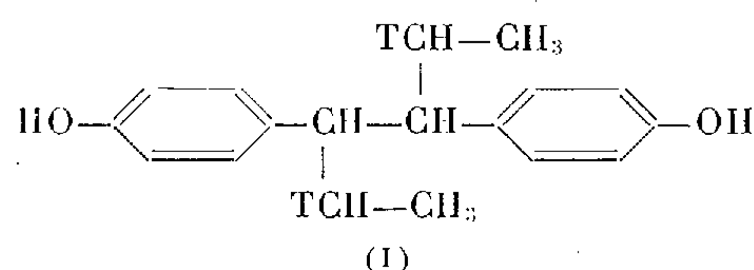
2° Le gaz chlorhydrique tritié obtenu a été fixé sur la double liaison de l'anéthole, selon la réaction :



3° L'action de la poudre de fer en suspension dans l'eau à 90° sur l'α-chloro-*n*-propyl-4-anisole tritié a conduit au diméthyléther de l'hexœstrol tritié (F 140° après recristallisation dans l'éthanol), selon une réaction connue ([4]) :



4° Enfin, la déméthylation de ce diméthyléther par le chlorhydrate de pyridine bouillant conduit à l'hexœstrol tritié (F 184-185° après recristallisation dans le benzène) :



Le rendement global de la synthèse est de l'ordre de 10 %, et fournit ainsi un produit dont la radioactivité est de 66 μC/g. Étant donné que le produit ne contient qu'une molécule de 3.4-ditritio-3.4-di(*p*-hydroxyphényl) hexane (I) sur 4×10^6 de molécules d'hexœstrol ordinaire, il n'y a pas à attendre de différence perceptible d'activité physiologique entre cet échantillon et l'hexœstrol ordinaire. Par contre, la radioactivité est suffisante pour permettre sa mesure par le noircissement des plaques photographiques à émulsion sensible (plaques NT2 de Kodak ou G5 d'Ilford), et permet d'envisager l'utilisation du produit pour des études autohistoradiographiques.

([4]) A. Lacassagne, N. P. Buu-Hoï, A. Chamorro, N. D. Xuong et N. Hoán, *Comptes rendus*, **231**, 1950, p. 1384.

M. **Emmanuel de Margerie**, s'exprime en ces termes ([1]) :

J'ai l'honneur de présenter à l'Académie *la Carte géologique internationale de l'Afrique* à l'échelle du 5 000 000e en 9 feuilles, dont l'exécution avait été décidée, sur mon initiative, au Congrès géologique international de Bruxelles, en 1922, sous les auspices du roi des Belges, Albert Ier; elle vient d'être terminée, après 30 années d'effort, à l'occasion de la 19e session du même Congrès (Alger, septembre 1952).

La réalisation de cette grande entreprise n'a pu être achevée que grâce à de nombreux concours, d'ordre à la fois scientifique et financier. Sous la féconde influence d'Alfred Lacroix, alors secrétaire perpétuel de l'Académie des Sciences, sa mise en marche a été successivement assurée par l'*Institut cartographique militaire* de Bruxelles, puis par le *Service géographique de l'Armée française*, et enfin par le *Comité d'Études géologiques et minières coloniales* de Paris; elle a trouvé dans la personne de M. Blondel, soutenu au point de vue de l'exécution matérielle par M. G. Daumain, le plus actif et le plus vigilant des réalisateurs, s'appuyant sur les subventions des principaux États qui avaient consenti à en faire les frais, tant en Europe que sur le continent Africain lui-même.

Elle comporte trois séries de trois feuilles, chacune, étagées du Nord au Sud et mesurant 58 sur 58 cm, dont la dernière, au Sud-Ouest, est réservée à la Légende stratigraphique générale (28 couleurs).

La commission constituée à l'origine comprenait, sous ma Présidence, Sir John Evans, puis Sir Edw. Bailey, MM. P. Fourmarier et F. Dixey, F. Blondel remplissait le rôle de secrétaire général; la collaboration la plus active pour les feuilles du Nord, était apportée par C. Kilian, puis par M. Robert Furon. Tous les termes géologiques sont répertoriés dans la légende générale; mais leur équivalence n'a pu être établie jusqu'à présent d'une façon définitive. Il reste beaucoup de points d'interrogation, dus surtout à l'absence de fossiles; une grande partie de ces équivalences sera sans doute modifiée dans une seconde édition.

La *Notice* comprend d'abord une vue d'ensemble sur l'*histoire géologique de l'Afrique*; une seconde partie est consacrée à la *Stratigraphie générale*, et une troisième donne la liste par ordre alphabétique des *séries locales* : définition, répartition géographique et *détermination de l'âge* de 256 séries mentionnées dans la Légende.

Un regard sur la carte montre la grande extension des teintes roses, c'est-à-dire des terrains très anciens du vieux socle précambrien. Après un épilogue glaciaire important, qui a laissé des tillites dans toute l'Afrique

([1]) Séance du 15 septembre 1952.

sud-équatoriale, la mer Cambrienne envahit le continent, recouvrant l'Afrique du Nord et de l'Ouest, mais n'atteignant pas le Hoggar à l'Est. Seul le Nord-Est de l'Afrique reste émergé au nord de l'Équateur. Le *Silurien* est transgressif, il s'étend jusqu'au Tibesti; le Dévonien et le Carbonifère inférieur ne marquent pas de grands changements.

Au Carbonifère moyen et supérieur s'accusent des mouvements hercyniens, puis les phénomènes glaciaires de l'Afrique sud-équatoriale : la mer s'est alors retirée complètement. Au Nord, l'Afrique est bordée par la Téthys, à l'Ouest il n'y a plus d'Atlantique, à l'Est il y a des communications avec Madagascar et l'Inde du Carbonifère au Jurassique s'étale une magnifique série de dépôts continentaux, le Karrov avec ses flores à *Glossoptèris* et ses faunes d'Amphibiens et de Reptiles. Au Jurassique et au Crétacé inférieur, c'est «le continental intercalaire» de l'Afrique nord équatoriale; la forme du continent commence à se dessiner.

La mer s'arrêtant en bordure du Sahara vers l'est, envahit l'Éthiopie et sépare Madagascar du continent.

C'est au Crétacé inférieur que le nouvel Atlantique se manifeste, abandonnant les dépôts sub-littoraux du Cameroun au Gabon, au Congo, en Angola. Au Crétacé supérieur, le Sahara est envahi jusqu'aux abords du Hoggar, à l'Éocène moyen la mer abandonne le Sahara; c'est alors que vont se succéder les événements orogéniques qui affectent la bordure Nord. Au Pliocène, de grandes cassures se produisent, déterminant des fosses d'effondrement : mer Rouge, Rist Valley; ces cassures sont accompagnées de volcans et de grandes émissions fissurales.

Une telle œuvre coûte très cher et n'a été possible que grâce à des concours financiers importants, étendus sur un grand nombre d'années.

Elle représente un total de 8 500 000 f environ, mais ce chiffre n'a pas de signification réelle, en raison de la dévaluation subie entre temps par les monnaies. On peut dire que, ramenée à la valeur actuelle des monnaies, ces subventions fournissent un total d'environ 11 millions de francs français (1952); une somme d'environ 6 200 000 f a été employée pour l'impression proprement dite et une somme de 3 millions de francs a été employée aux frais de préparation (secrétariat, correspondance, etc.).

Avec cette carte de l'Afrique se marque une date importante dans l'histoire de la figuration géologique des continents : après les cartes de l'Europe (1881-1915) et de l'Amérique du Nord (1911), dues aussi à l'activité des Congrès géologiques internationaux, après celle de l'Australie, œuvre personnelle du professeur Sir E. D. David (1930) et celle de l'Amérique du Sud, réalisation de la *Geological Society of America* (1950), c'est sur l'Asie, objet de la remarquable carte tectonique d'Émile Argand (1922), que doit désormais se concentrer l'effort des géologues, pour achever le tableau de la face de la Terre.

M. **Maurice Javillier** fait hommage à l'Académie de la brochure suivante : *Les exigences en magnésium des plantes, des animaux et de l'homme*, parue sous forme d'un article du *Bulletin de la Société scientifique d'hygiène alimentaire*.

M. **Selman A. Waksman** adresse quelques fascicules relatifs à ses travaux sur les antibiotiques.

CORRESPONDANCE.

Le Président de la « **Gesellschaft Deutscher Chemiker** » invite l'Académie à se faire représenter aux Cérémonies qui auront lieu, à l'occasion du Centième anniversaire de la naissance de **Jacobus Henricus Van't Hoff**, le 26 septembre, à Braunschweig et de **Emil Fischer**, le 9 octobre, à Euskirchen.

M. le **Secrétaire perpétuel** signale, parmi les pièces imprimées de la Correspondance :

1° *Recherches sur le néogène et le quaternaire marins de la côte atlantique du Maroc*, par Georges Lecointre. Tome I. *Stratigraphie*. Tome II. *Paléontologie*. In *Notes et mémoires* du Service géologique du Maroc.

2° *L'industrie préhistorique du Cabeço d'Amoreira* (*Muge*), par l'Abbé Jean Roche.

3° *Aportacion de la Universidad del Zulia al primer Congreso Venezolano de Cirugia*.

4° *Defecation block in cases of deep rectogenital pouch*, by Lennart Walldén (Uppsala, Thèse).

5° *Enzymatic Breakdown of Polymetaphosphate*, by Harry Malmgren (Uppsala, Thèse).

6° Union radioscientifique internationale. Rapport spécial n° 1. *Bruits radioélectriques solaires et galactiques*.

7° Conseil international des Unions scientifiques. Commission mixte de l'Ionosphère. *Compte rendu de la deuxième réunion tenue à Bruxelles*, du 4 au 6 septembre 1950.

8° Académie des Sciences de l'U. R. S. S. *Travaux de l'Institut d'astronomie théorique*. N° 1 (en langue russe).

9° *Mathematical Journal of Okayama University* (Japon). Vol. I, n°s 1-2.

10° Alliance Française. *Rapport du Secrétaire général sur la situation d'ensemble. Année* 1951-1952.

THÉORIE DES FONCTIONS. — *Équivalence de certaines propriétés de pseudo-convexité.* Note de M. **Pierre Lelong**, présentée par M. Paul Montel.

1. Nous étudierons ici l'équivalence de certaines propriétés appliquées à des domaines univalents de l'espace $\mathcal{C}^n$ des n variables complexes $X=(X_1, X_2, \ldots, X_n)$; deux propriétés sont dites équivalentes si tout domaine univalent de $\mathcal{C}^n$ qui possède l'une jouit aussi de l'autre; $\Delta \Subset D$ exprime que le domaine Δ et sa fermeture $\bar{\Delta}$ appartiennent à D. Précisons la notion de domaine convexe par rapport aux fonctions plurisousharmoniques [1], ou, par abréviation, domaine P-convexe :

Définition. — *Un domaine* D *est dit convexe par rapport aux fonctions plurisousharmoniques si à tout sous-domaine* $\Delta \Subset D$ *on peut faire correspondre un domaine* Δ', *avec* $\Delta \subset \Delta' \Subset D$ *de manière que tout ensemble ouvert* ω *de* $\Delta - \bar{\Delta}'$ *contienne un point* P *tel qu'on ait*

$$V(P) > \sup_{M \in P} V(M)$$

pour une fonction au moins V *plurisousharmonique dans* D.

Les transformations pseudo-conformes conservent la P-convexité d'un domaine. On notera que l'espace $\mathcal{C}^n$ est lui-même P-convexe.

Considérons les propriétés suivantes d'un domaine D, qu'on supposera toujours univalent et appartenant à l'espace $\mathcal{C}^n$:

(P_1). D est P-convexe.

(P_2). Pour $M \in D$, $\delta(M)$ désignant la distance euclidienne de M à la frontière F de D, $-\log \delta(M)$ est une fonction plurisousharmonique dans D ou la constante $-\infty$.

(P_3). Même propriété énoncée pour $-\log \delta'(M)$, $\delta'(M)$ étant la distance de M à F définie à partir de la métrique $\delta'(M, P) = \max_k |X_k^M - X_k^P|$.

(P_4). La distance $\delta_A(M)$ de $M \in D$ à F parallèlement à une direction complexe fixée $A=(A_1, \ldots, A_n)$ est telle que $-\log \delta_A(M)$ soit, pour chaque A, une fonction plurisousharmonique dans D, ou la constante $-\infty$.

(P_5). Il existe une fonction V(M) plurisousharmonique dans D qui tend vers $+\infty$ quand M tend vers la frontière de D; plus précisément, à tout nombre a on peut faire correspondre un compact $K \subset D$ de manière que l'on ait $V(M) > a$ pour $M \in D - K$.

(P_6). D est limite d'une suite croissante de domaines D_n, D_n coïncidant

---

[1] *Cf.* P. Lelong, *Comptes rendus*, 215, 1942, p. 398 et 454; 216, 1943, p. 107 et *Ann. Éc. Norm. Sup.*, 62, 1945, p. 301-338.

avec l'une des composantes de l'ensemble ouvert défini par $V_n < 0$, où V_n est une fonction plurisousharmonique définie dans $D'_n \supset D_n$.

(P_7). Le « théorème de continuité » est vérifié [2] pour la frontière de D ou encore : soit $Q(t)$ un disque, image de $|U| \leq 1$ donnée dans $\mathcal{C}^n$ en fonction du paramètre réel t par $X_k = \varphi_k(U, t)$, où φ_k est supposée continue de U et de t pour $|U| \leq 1$, $0 \leq t \leq 1$, et analytique de U pour $|U| < 1$ et t fixé; soit $b(t)$ le bord du disque, image de $|U| = 1$; alors $Q(t) \subset D$ pour $0 \leq t < 1$, $b(t) \subset D$ pour $0 \leq t \leq 1$, entraînent $Q(1) \subset D$.

(P'_7). La propriété précédente est restreinte aux familles $Q(t)$:

$$X_k = C_k + B_k U + A_k t G(U), \qquad |U| \leq 1, \qquad 0 \leq t \leq 1,$$

où $A = (A_k)$ et $B = (B_k)$ sont des directions complexes distinctes, $G(U)$ est supposée holomorphe et ne s'annulant pas dans le cercle $|U| \leq 1$; on impose à $\log|G|$ d'appartenir à une famille (H) de fonctions harmoniques sur $|U| \leq 1$, où (H) est dense, au sens de la convergence uniforme, sur l'ensemble des fonctions harmoniques sur ce cercle fermé; en particulier on peut choisir G en dehors d'un ensemble dénombrable donné de fonctions analytiques.

On a alors l'énoncé suivant :

THÉORÈME. — *Les propriétés énoncées* (P_1), ..., (P_7), (P'_7) *sont des propriétés équivalentes et chacune d'elles caractérise la classe des domaines* P-*convexes de* $\mathcal{C}^n$ (*domaines convexes par rapport aux fonctions plurisousharmoniques*).

2. Si D_1 et D_2 sont deux domaines P-convexes, il en est de même des composantes de leur intersection; il en est de même de leur réunion $D_1 \cup D_2$ chaque fois que $\overline{D_1 - D_2}$ et $\overline{D_2 - D_1}$ sont sans point commun à distance finie. Un domaine D sera dit *localement* P-*convexe* si tout point M de $\mathcal{C}^n$ possède un voisinage P-convexe ω_M de manière que $D \cap \omega_M$ ait ses composantes P-convexes. On établit :

THÉORÈME. — *Un domaine univalent de* $\mathcal{C}^n$ *localement* P-*convexe est aussi* P-*convexe*.

Ce résultat rapproche la P-convexité de la convexité dans l'espace euclidien $\mathcal{R}^n$ [un domaine convexe d de $\mathcal{R}^n$ est base d'un tube $D = d \times \mathcal{R}'^n$, P-convexe dans $\mathcal{C}^n(X_k) = \mathcal{R}^n(x_k) \times \mathcal{R}'^n(x'_k)$; $X_k = x_k + i x'_k$].

La condition $L(\varphi) > 0$ de E. E. Levi [3] exprime une condition nécessaire et suffisante pour qu'on puisse trouver une fonction $U(P) > 0$ au voisinage de M, de manière que $V(P) = U(P)\varphi(P)$ soit plurisousharmonique et vérifie en M

$$(d_1 d_2 V)_M = \sum_{i,j} V^{i,\bar{j}}\, dX_i\, d\overline{X}_j > 0, \qquad \left(V^{i,\bar{j}} = \frac{\partial^2 V}{\partial X_i\, \partial \overline{X}_j}\right),$$

(2) *Cf.* l'énoncé du « Kontinuitätssatz » dans l'Ouvrage de H. BEHNKE et P. THULLEN, *Ergebnisse der Math.*, 3, 1934, p. 3.

(3) *Cf.* H. BEHNKE et P. THULLEN, *loc. cit.*, p. 29.

Précisons un résultat classique en considérant les trois classes formées des domaines univalents obtenus comme limites de suites croissantes de domaines dont la frontière F possède l'une des trois propriétés :

(Q_1). Au voisinage de $M \in F$, D est défini par $\varphi < 0$ avec $L(\varphi) > 0$;

(Q_2). Au voisinage de $M \in F$, D est défini par $V < 0$ avec $(d_1 d_2 V)_M > 0$;

(Q_3). Il passe par $M \in F$ une variété W^{n-1} (qu'on peut supposer obtenue en annulant un polynome du second degré au plus), W^{n-1} n'ayant au voisinage de M que des points extérieurs à D, M excepté.

Alors les trois classes ainsi précisées coïncident encore avec la classe des domaines convexes par rapport aux fonctions plurisousharmoniques définie initialement.

THÉORIE DES FONCTIONS. — *Sur quelques généralisations du théorème de Picard.* Note de M. **Robert Finn**, présentée par M. Paul Montel.

M. R. Caccioppoli a publié récemment [1] divers résultats intéressants, dont une démonstration élémentaire du théorème de Picard pour les fonctions pseudo-analytiques. En partant d'un point de vue un peu différent, nous obtenons une autre démonstration qui met en lumière quelques propriétés des solutions des équations non linéaires.

1. Soit $w(z) = w(x+iy) = u(x, y) + iv(x, y)$ une fonction complexe continue; nous faisons les mêmes hypothèses de régularité que M. Caccioppoli. Soit $Q(x, y)$ le rapport de $\overline{\lim}\,|\Delta w/\Delta z|$ à $\underline{\lim}\,|\Delta w/\Delta z|$ quand $\Delta z \to 0$. Nous nommons excentricité de la transformation le nombre

$$e = Q + Q^{-1}$$

et disons qu'une fonction est de classe $[e]$, si son excentricité est $\leqq e$. Posons

$$J = u_x v_y - v_x u_y, \qquad EJ = u_x^2 + v_x^2, \qquad -FJ = u_x u_y + v_x v_y, \qquad GJ = u_y^2 + v_y^2;$$

il est clair que

$$(1) \qquad \begin{cases} v_y = G u_x + F u_y, \qquad -v_x = F u_x + E u_y; \\ EG - F^2 = 1, \qquad e = E + G, \qquad E^2 + 2F^2 + G^2 = e^2 - 2. \end{cases}$$

Soit $u + iv$ une fonction non constante, définie sur tout le plan z, et ne prenant ni la valeur 0 ni 1; la fonction modulaire $U + iV$ de $u + iv$ est donc une fonction non constante, définie sur tout le plan et bornée.

Elle satisfait au système (1), parce qu'une transformation conforme du plan w laisse E, F, G invariants. Si C_r est un cercle de rayon r et Γ_r sa

[1] *Comptes rendus*, 235, 1952, p. 116. Pour d'autres données bibliographiques nous renvoyons le lecteur à cette Communication.

frontière, nous pouvons écrire ([2]),

$$(2)\qquad \iint_{C_r} [GU_x^2 + 2FU_xU_y + EU_y^2]\, dx\, dy = \oint_{\Gamma_r} U\, dV.$$

De $EG - F^2 > 0$, résulte

$$|dV|^2 \leq e(GU_x^2 + 2FU_xU_y + EU_y^2)(dx^2 + dy^2).$$

Notons $H(r)$ l'expression (2); l'inégalité de Schwarz donne

$$H^2(r) \leq \frac{dH}{dr} \oint_{\Gamma_r} U^2 e\, r\, d\theta.$$

Puisque $H(r)$ ne décroît pas, et que U est borné, l'intégration de cette inégalité entre les limites $r = 1$ et $r = \infty$ prouve que $\int_1^\infty \left[r \operatorname{Max}_0 e \right]^{-1} dr$ converge, ce qui est impossible si e est borné.

Plus généralement, soit $w(z)$ une fonction de classe $[e]$ dans un cercle C_R de rayon R; soit $\alpha(\rho)$, l'oscillation de $u(x, y)$ dans C_ρ, $\rho < R$, et soit $D(r)$ l'intégrale de Dirichlet de $u(x, y)$ étendue à C_r. Une application de la discussion précédente et de la méthode de Lebesgue ([3]) montre qu'on a, pour $\rho < R_1 < R$,

$$\alpha^2(\rho) < 2\pi D(R_1)[\log R_1/\rho]^{-1}, \qquad D(R_1) < K[\log R/R_1]^{-1},$$

où K ne dépend que de $\sup(u^2 e)$ dans C_R. Par conséquent, *toute famille bornée de fonctions de classe* $[e]$ *est normale*. Une discussion analogue prouve qu'une fonction de classe $[e]$ ne peut être bornée au voisinage d'un point singulier isolé; ceci mène à une autre démonstration élémentaire du théorème de Picard par la méthode de M. P. Montel.

2. Soit $\varphi(x, y)$ une solution de

$$(3)\qquad \begin{gathered} \alpha(x, y, \varphi, p, q)\varphi_{xx} + 2\beta(x, y, \varphi, p, q)\varphi_{xy} + \gamma(x, y, \varphi, p, q)\varphi_{yy} = 0, \\ p = \varphi_x, \quad q = \varphi_y, \quad \alpha\gamma - \beta^2 > 0, \quad \alpha > 0. \end{gathered}$$

Il est évident que l'on peut obtenir une borne supérieure pour l'excentricité e de la fonction $p(x, y) - iq(x, y)$ à partir des $\sup\alpha$, β, γ et $\inf \alpha\gamma - \beta^2$. Si $p - iq$ ne prend pas les valeurs contenues dans un ensemble S de capacité positive, il existe une fonction non constante, harmonique et bornée de $p - iq$ qui est $O(1/|p - iq|)$ quand $p - iq \to \infty$. Dans le cas où S contient un

---

([2]) Il est facile de rendre la démonstration rigoureuse pour toutes les fonctions considérées. Une technique tout à fait pareille a été employée dans un autre but par M. M. Shiffman, *Annals of Math.*, 48, 1947, p. 274. Elle est en réalité très semblable au lemme de MM. Caccioppoli et Leray.

([3]) *Rend. Circ. Mat. Pal.* 24, 1907, surtout p. 388. *Voir* aussi E. J. McShane, *Trans. Amer. Math. Soc.*, 35, 1933, surtout p. 719.

continuum non dégénéré, il existe pour tout $n > 0$ une fonction non constante, harmonique et bornée qui est $O(1/|p-iq|^n)$. Donc :

Supposons $e < K(1+p^2+q^2)^n \log(1+x^2+y^2)$ *où* $n > 1$ $(K \leqq 1)$; *soit* $\varphi(x, y)$ *une solution de* (³) *définie et régulière sur tout le plan. Si* $p-iq$ *ne prend pas un continuum non dégénéré de valeurs (un ensemble de capacité positive),* $\varphi(x, y)$ *est nécessairement une fonction linéaire de* x *et* y.

3. *Une application directe de la méthode permet de prouver les théorèmes suivants* :

Supposons $F_{pp} F_{qq} - F_{pq}^2 > 0$ *et* $\sup(F_{pp}+F_{qq}) < +\infty$. *Une solution du problème de variation* $\delta \iint F(p, q)\, dx\, dy = 0$ *ne peut être bornée au voisinage d'un point singulier isolé.*

Supposons $\alpha\gamma - \beta^2 > 0$ *et* $\sup(\alpha+\gamma) < +\infty$. *Une solution non constante de* $(\alpha\varphi_x + \beta\varphi_y)_x + (\beta\varphi_x + \gamma\varphi_y)_y = 0$ *définie et régulière sur tout le plan, ne peut être bornée ni supérieurement ni inférieurement.*

THÉORIE DES FONCTIONS. — *Principe et problème de Dirichlet dans les espaces de Green.* Note de M. **Marcel Brelot**, présentée par M. Arnaud Denjoy.

On sait que sous certaines restrictions la solution du problème de Dirichlet rend minima l'intégrale de Dirichlet des fonctions prenant les valeurs données à la frontière. On généralise ici au moyen d'une condition aux limites qui ne fait plus intervenir la frontière, ce qui permet une extension à des espaces plus généraux qu'un domaine de l'espace euclidien.

1. On a introduit récemment (¹) des espaces $\mathcal{E}$, variétés à $\tau \geqq 2$ dim, contenant les surfaces de Riemann et les espaces localement euclidiens; lorsqu'ils admettent une fonction de Green G_P, on les a appelés espaces de Green et on y a étudié l'ensemble $\mathcal{L}$ des « lignes de Green » ou trajectoires orthogonales des « sphères de Green » Σ_P^λ, lieux définis par $G_P = \lambda > 0$. Rappelons que pour presque toutes au sens angulaire de départ du pôle P, elles se prolongent sans rencontrer de points où grad $G = 0$ (ni de points à l'infini comme il peut y avoir dans les $\mathcal{E}$ généraux) et de façon que G tende vers zéro (ces lignes sont dites régulières et forment un ensemble $\mathcal{L}'$). La mesure angulaire de départ d'un faisceau divisée par la surface de la sphère unité est dite « mesure de Green » dg_P.

On va utiliser ces lignes pour généraliser des propriétés plus ou moins connues ou classiques concernant le principe et le problème de Dirichlet, en

(¹) Brelot et Choquet, *Annales de l'Institut Fourier*, 3, 1951, p. 199-263.

s'inspirant de Bochner ([2]), qui ne considérait que des domaines euclidiens limités par des sphères (mais des moyennes quadratiques au lieu des moyennes simples que l'on va introduire pour définir les « fonctions radiales »).

2. On dira qu'une fonction φ dans un espace de Green Ω admet pour un pôle P, une « fonction radiale », ou simplement une « radiale » notée $\underset{\leftarrow P \rightarrow}{\varphi}$, sur $\mathcal{L}'$ si φ considérée sur chaque Σ_P^λ comme fonction $\varphi_P^\lambda(l)$ de la ligne de Green $l \in \mathcal{L}'$ traversant Σ_P^λ, converge, quand $\lambda \to 0$, en moyenne vers $\underset{\leftarrow P \rightarrow}{\varphi}$ relativement à la mesure dg_P, c'est-à-dire si

$$\int \left| \varphi_P^\lambda - \underset{\leftarrow P \rightarrow}{\varphi} \right| dg_P(l) \to 0 \qquad (\lambda \to 0).$$

Théorème. — *Soit dans l'espace de Green Ω une fonction f « utilisable », c'est-à-dire seulement ici finie continue et possédant (hors des points possibles à l'infini) un gradient continu et une norme* $\|f\| = \sqrt{\int \mathrm{grad}^2 f\, dv}$ *finie.*

1° *Si Ω_i est l'ordonné filtrant croissant des domaines relativement compacts (ou un ordonné filtrant croissant, comme une suite, tendant vers Ω, de tels domaines), la solution* $H_{\Omega_i}^f$ (du problème de Dirichlet pour Ω_i et f) *tend vers une fonction harmonique* U qui, si f est sous-harmonique, en est la plus petite majorante harmonique.

Même résultat et même limite si Ω_i au lieu d'être relativement compact, est tel que le point d'Alexandroff adjoint à Ω (pour le rendre compact) est de mesure harmonique nulle pour Ω_i. Exemple des domaines $G_P > \lambda$.

2° U *est, parmi les u harmoniques de norme finie, la seule, à une constante près, qui rende minima la norme de* $u - f$.

3° *Quel que soit le pôle* P, f *et* U *admettent des radiales égales (presque partout-dg_P). D'ailleurs* U *est la seule fonction harmonique de norme finie admettant pour un pôle fixé une radiale égale à celle de f, et* $U(P) = \int \underset{\leftarrow P \rightarrow}{f}\, dg_P(l)$.

4° P *étant fixé, parmi les fonctions utilisables ayant relativement à* P *même radiale que f,* U *est la seule de norme minima.*

Le minimum de $\|u - f\|$ apparaît comme dans les cas classiques par les raisonnements de Nikodym en espace de Hilbert. Pour un domaine relativement compact à frontière assez régulière, il est réalisé par la solution du problème de Dirichlet avec donnée-frontière f et l'on fera des passages à la limite qui conservent la propriété minimale. Au sujet des radiales on utilisera les formules de Green dans des tubes de lignes de Green et des majorations par l'inégalité de Schwarz.

([2]) Bochner, *Dirichlet problem for domains bounded by spheres. Contribution to Fourier Analysis*, p. 24-45 [*Annals of Math. Studies*, n° 25 (Princeton) Univ. Press., Princeton, 1950.]

Remarque. — Le 1° semble nouveau même pour les domaines de l'espace euclidien. D'autre part on peut élargir la classe des fonctions « utilisables » en adjoignant des limites convenables de telles fonctions : introduction de discontinuités simples et classiques du gradient, considération des différences de fonctions sous-harmoniques (de norme finie) et plus généralement considération des fonctions localement associées (au sens de la thèse de Deny) aux fonctions (BL), et de norme globale finie.

THÉORIE DES FONCTIONS. — *Sur le lien entre les notions « champ réel autonome » et « cellule d'harmonicité »*. Note de M. **François Teissier du Cros**, transmise par M. Georges Bouligand.

Dans ma thèse sur les fonctions polyharmoniques [1], j'ai qualifié « à champ réel » dans un domaine D, toute fonction analytique dans D, ayant un prolongement holomorphe dans la *cellule d'harmonicité* de D, définie ci-dessous. J'ai signalé un lien entre cette propriété et la notion de *champ réel autonome*, introduite par M. G. Bouligand [2]. Je complète ce résultat, en construisant le domaine complexe B(D), où toute fonction à champ réel autonome est holomorphe.

Notations. — Toute fonction harmonique d'un point $(x_1, \ldots, x_n)$ régulière dans un domaine D de l'espace euclidien R_n, est prolongeable analytiquement dans un certain domaine C(D) de l'espace S_n à n coordonnées complexes $x'_k = x_k + iu_k$, appelé *cellule d'harmonicité* de D. Sa construction a été donnée par M. Pierre Lelong [3]. On définit ici le carré de la distance du point $x'(x'_k)$ à un autre point $y'(y'_k = y_k + iv_k)$ de S_n, en posant :

$$|x', y'|^2 = \Sigma(x_k - y_k)^2 + \Sigma(u_k - v_k)^2.$$

L'intersection $T(x')$ du cône isotrope de sommet $x'(x_k + iu_k)$ avec R_n est appelée la *trace isotrope* de x'. Le point courant $y(y_k)$ de la trace isotrope satisfait les équations

$$(1) \qquad \Sigma(y_k - x_k)^2 = \Sigma u_k^2, \qquad \Sigma(y_k - x_k)u_k = 0 \qquad (k = 1, 2, \ldots, n),$$

qui représentent respectivement une sphère et un plan réels. Inversement, si l'on prend les x_k et les u_k réels arbitraires, (1) représente la trace isotrope commune aux deux points conjugués $x'(x_k + iu_k)$ et $x''(x_k - iu_k)$. Ils définissent une droite réelle $x'x''$ dite *axe* de la trace isotrope, qui est le lieu des points réels, équidistants de tous les points de cette dernière. On désigne par $d(x', r)$ la distance d'un point r de l'axe à l'un des points de $T(x')$. Lorsque x' est réel

(1) Paris, 30 juin 1952.

(2) *Journal de Mathématiques*, 95, 1930, p. 363.

(3) *Comptes rendus*, 232, 1951, p. 1895.

($u_k = 0$), $T(x')$ se réduit à ce point. Toute droite réelle qui y passe joue le rôle d'axe, et quel que soit le point a réel, on a $|x', a| = d(x', a)$.

Étant donné un domaine $D \subset R_n$, les points $x' \in S_n$ tels qu'on ait $T(x') \subset D$ forment un ensemble ouvert. M. P. Lelong a montré que $C(D)$ est le *domaine connexe à* D qui fait partie de cet ensemble.

z étant un point de D et $\delta(z)$ sa distance à l'ensemble complémentaire de D par rapport à R_n, les points $x' \in S_n$ tels qu'on ait

$$x'x'' \ni z, \qquad d(x', z) < \delta(z), \tag{2}$$

ont leur trace isotrope dans la boule $O[z, \delta(z)]$ ouverte par rapport à R_n, qui a z pour centre et $\delta(z)$ pour rayon, de sorte qu'ils sont dans la cellule d'harmonicité correspondante. Ils engendrent l'ensemble $b(z)$, qui renferme z.

Réunissons les $b(z)$ relatifs à tous les points z de D. La réunion est un *domaine* $B(D) \supset D$. C'est aussi *la réunion des cellules d'harmonicité des boules contenues dans* D. En effet, si $y' \in C(O[z, \delta(z)])$, il passe par $T_{y'}$ des sphères réelles contenues dans $O[z, \delta(z)]$. Appelons z_0 le centre de l'une d'elles, on a $y' \in b(z_0) \subset B(D)$.

Soit maintenant $f(x_1, x_2, \ldots, x_n)$ une *fonction analytique et uniforme dans* D qui a une singularité en chaque point-frontière de D, et xs' un arc de S_n à l'extrémité duquel le prolongement analytique fournit un point singulier s' (complexe ou réel). L'ensemble $I_{s'} = D \cap s's''$ appartient à une droite réelle si s' est complexe, il coïncide avec D si s' est réel.

En un *point r arbitraire de* $I_{s'}$, écrivons avec M. G. Bouligand

$$d(s', r) \geqq \delta(r). \tag{3}$$

Lorsque (3) *a lieu en chaque point r de* $I_{s'}$, *pour tous les points singuliers* s', on a affaire à une *fonction à champ réel autonome* ([4]).

La comparaison de (2) et (3) montre qu'aucun s' ne saurait appartenir à $B(D)$. Inversement, toute fonction $f(x_1, x_2, \ldots, x_n)$ singulière sur la frontière de D qui est holomorphe dans $B(D)$, a un champ réel autonome.

On peut donc caractériser la fonction à champ réel autonome par la *possession d'un « champ réel » dans chaque boule contenue dans* D. La classe des fonctions à « champ réel » dans D, et singulières à la frontière, coïncide avec la classe des fonctions à champ réel autonome quand D est une boule, tandis que dans les autres cas, elle est contenue dans cette dernière classe.

([4]) Quand f est uniforme dans S_n, elle ne peut avoir de point singulier s réel dans D. Si f est uniforme dans D, mais non dans S_n, et a un champ réel autonome, $s \notin D$ est une conséquence de (3).

CALCUL EXPÉRIMENTAL ANALOGIQUE. — *Étude rhéoélectrique de problèmes d'infiltration.* Note (*) de M. **Pierre Huard de la Marre**, transmise par M. Joseph Pérès.

1. Le papier conducteur, dont l'emploi a été mis au point au Laboratoire d'Analogies de l'Institut Blaise Pascal ([1]), est bien adapté au calcul expérimental d'écoulements plans avec surface libre dans des massifs poreux. La surface inconnue correspond à un bord libre du papier, dont on corrige la forme par approximations successives, compte tenu de la condition à remplir (proportionnalité entre les potentiels et les hauteurs).

J'ai vérifié la méthode sur les cas de digues à parois verticales traités théoriquement par une analyse qui donne de longs calculs ([2]). Le papier conducteur permet d'obtenir, par expérimentation simple et rapide, des résultats d'une précision bien suffisante : 1 à 4 % pour les débits, 1 à 2 % pour la longueur de suintement.

Son emploi est indiqué pour l'établissement de catalogues d'écoulements et pour la recherche de formules empiriques approchées. Nous avons ainsi traité le cas de digues isotropes, à parois inclinées symétriques d'inclinaisons α égale à 10, 20, 30, 50, 70°, reposant sur un sol imperméable et pour différents niveaux amont et aval (h_1 et h_2). Les essais, avec détermination des surfaces libres et des débits, comportaient 5 modèles de papier conducteur, un par valeur de α. Nous avons constaté que, dès que $h_2 \leqq 0,25 h_1$, le débit ne dépend pratiquement plus de h_2 et est donné, à quelques pour-cent près, par la relation

$$Q = \frac{\bar{k} h_1^2}{(0,8 + 0,0045\alpha)\, l + 1,18\, l'},$$

l et l' étant les largeurs de la digue au niveau du sol et au niveau amont, $\bar{k}$ étant proportionnel à la perméabilité.

2. Dans le cas de massifs zonés, avec des perméabilités dont les valeurs peuvent être dans le rapport de 1 à 100, le papier conducteur ne convient plus. Pour traiter ces cas, nous avons construit un appareil qui constitue un réseau électrique à mailles carrées dont les résistances sont portées par des fiches amovibles et peuvent donc être rapidement établies suivant les perméabilités (elles leur sont inversement proportionnelles). Les mailles sont assez nombreuses (1 350 dans l'appareil actuel) pour que la structure discontinue du

(*) Séance du 18 août 1952.

([1]) L. Malavard, *La Recherche aéronautique*, n° 20, mars-avril 1951.

([2]) Ph. D. Muskat, *The Flow of homogeneous fluids through porous media*, p. 314-316.

modèle n'influe pas pratiquement sur les résultats. La surface libre s'obtient encore par approximation. Pour le relevé des lignes potentielles, nous interpolons électriquement entre les nœuds qui encadrent ces lignes en utilisant un potentiomètre de forte résistance. Notons enfin que l'on peut serrer les

Fig. 1.

mailles dans les régions intéressantes du champ en modifiant convenablement les valeurs des résistances de la zone de passage : exemple (*fig.* 1), un champ uniforme ne sera pas perturbé si, r étant la résistance entre deux nœuds quelconques, on prend seulement $(2/3)r$ pour les résistances aboutissant aux points a de la figure.

Fig. 2.

La figure 2 illustre les possibilités de notre appareil; deux journées ont suffi pour établir l'écoulement dans un cas assez complexe : massif zoné établi sur sol perméable partiellement coupé par un rideau de palplanches, avec drain aval; on a représenté les lignes équipotentielles et les lignes de courant.

MÉCANIQUE. — *Sur des systèmes oscillatoires contenant des paramètres à inertie.* Note de M. **Nicolas Minorsky**, présentée par M. Henri Beghin.

Cette Note étudie l'influence de conducteurs non linéaires à inertie thermique sur le fonctionnement de circuits aux lampes ainsi que l'auto-excitation de pareils circuits en absence de lampes.

Dans une étude récente [1] K. F. Theodorchik a montré par un procédé graphique que le fonctionnement de circuits électroniques peut être modifié par la présence de conducteurs dont la résistance varie avec la température θ. Il est à remarquer que la résistance R de ce genre ne varie pas, généralement, en fonction de la valeur instantanée x du courant alternatif qui la chauffe mais varie lentement en fonction de la variation de sa valeur efficace x_0^2. C'est pour cette raison que l'auteur cité appelle un paramètre R de ce genre, « le paramètre à inertie » (thermique).

Nous allons appliquer un raisonnement analytique, ce qui va permettre de dégager quelques conclusions utiles. Posons

$$\text{(A)} \qquad R(\theta) = R(x_0^2) = R_0 + b_1 x_0^2 + b_2 x_0^6$$

selon le procédé courant de représenter une fonction empirique par un polynome dans un voisinage de sa valeur quelconque R_0. Si l'on forme l'équation de van der Pol pour le circuit de ce genre, on a

$$\text{(B)} \qquad \ddot{x} - \epsilon [A - n(S_2 x^2 - b_1 x_0^2 - b_3 x_0^6)] \dot{x} + x = 0.$$

On obtient aisément cette équation en utilisant pour le triode l'approximation $S(x) = S_0 - S_2 x^2$ et pour R l'expression (A). Dans l'équation (B) il se présente une difficulté en ce que, outre la variable x, elle contient aussi l'amplitude x_0 de cette variable. Si l'on ne cherche qu'à établir les conditions du régime stationnaire, cette difficulté peut être surmontée grâce à l'emploi de la méthode stroboscopique [2]. En effet, cette méthode remplace une e. d. par une suite d'équations aux différences, en sorte que, dans les équations auxquelles on aboutit, figurent seulement les valeurs moyennes pour une période. De cette façon ces valeurs moyennes apparaissent au même titre que celles provenant du paramètre à inertie. L'équation « mixte » (B) se réduit à une e. d. ordinaire qui est ici

$$\text{(C)} \qquad \frac{d\rho}{d\tau} = -nb_3\rho[\rho^3 + B\rho - C] = -nb_3\rho\Phi(\rho),$$

---

(1) *Systèmes auto-entretenus*, Moscou, 1948.

(2) N. Minorsky, *Comptes rendus*, **232**, 1951, p. 2179; *Journ. of Appl. Physics*, **22**, January, 1951.

où n, B et C sont des fonctions de paramètres fixes b_1, b_2, S_0 et S_2. Le problème ne présente plus de difficulté. L'amplitude ρ_0 du régime stationnaire est donnée par la racine positive de $\Phi(\rho_0) = 0$; la condition de stabilité exige la condition $b_3 > 0$. Cela impose certaines conditions sur le signe de quelques constantes et ainsi de suite. Nous omettons ces détails qui complètent les résultats de Theodorchik.

Ce qui est intéressant est que par ce procédé on peut étudier aussi un problème plus général, à savoir : la production des oscillations entretenues dans un pareil circuit sans lampes triodes.

En effet, supposons qu'un circuit oscillant soit branché aux bornes de R parcouru par un courant constant X. Si une oscillation existe, il est visible que R subit des fluctuations. Il suffit de remplacer x_0 dans (A) par $(X - x_0 \cos\tau)$. On arrive ainsi à la formule

$$\text{(C)} \qquad R(x_0 \cos\tau) = \sum_{n=0}^{n=6} m_n \cos n\tau,$$

où les sept fonctions m_n sont des polynomes en x_0^2 avec des coefficients dépendants de b_1, b_3 et X. Si l'on forme l'e. d. de van der Pol et si l'on applique ensuite la méthode stroboscopique, on a le système

$$\text{(D)} \qquad \begin{cases} \dfrac{d\rho}{d\tau} = \dfrac{1}{2}\rho(m_2 \cos 2\Phi - 2m_0) = \dfrac{1}{2}\rho g(\rho), \\ \dfrac{d\Phi}{d\tau} = -\dfrac{1}{4} m_2 \sin 2\Phi, \end{cases}$$

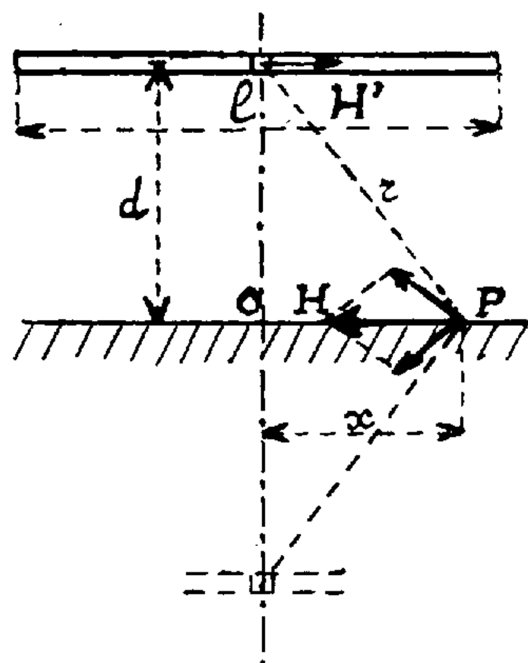
les cinq autres fonctions m_n disparaissent comme ayant la valeur moyenne nulle. Tout revient alors à déterminer les points singuliers stables du système (D). Comme le problème est simple, nous omettons les détails et indiquons seulement les résultats : il faut que $b_1 < 0$ et que, en outre, $N > |b_1| > M$ où M et N sont des constantes qui dépendent de paramètres fixes. La condition $b_1 < 0$ est visiblement celle de la « résistance négative ». Les autres spécifient davantage la forme qu'il faut donner à la fonction $R(x_0^2)$ pour qu'un régime oscillatoire stable puisse exister.

ÉLECTRICITÉ. — *Sur la résistance apparente en haute fréquence d'une couche conductrice de largeur finie parallèle à un plan conducteur indéfini. Champ antagoniste et courants induits.* Note (*) de MM. **Antoine Colombani** et **Marcel Gourceaux**, présentée par M. Gustave Ribaud.

Considérons une nappe plane conductrice de largeur l de longueur indéfinie parallèle à un plan conducteur indéfini. Soit I l'intensité, par unité de largeur,

(*) Séance du 15 septembre 1952.

du courant haute fréquence qui parcourt cette couche (*fig.* 1). On sait qu'en un point P du plan le champ H créé par I s'obtient en composant le champ $2I/r$ avec son symétrique par rapport au plan. On a donc $H=(4I/r)\cos\theta=(4I/r)d$ et la densité superficielle $\mathcal{J}_s=-H/4\pi=-(I/\pi)\,d/(d^2+x^2)$.



La densité totale en un point d'abscisse x par rapport à O est donc :

$$(1)\qquad \mathcal{J}_{sx}=-\int_{-\frac{l}{2}-x}^{\frac{l}{2}-x}\frac{I}{\pi}\,\frac{d}{d^2+x^2}\,dx=-\frac{I}{\pi}\left[\operatorname{Arc\,tg}\left(\frac{x+\frac{l}{2}}{d}\right)+\operatorname{Arc\,tg}\left(\frac{\frac{l}{2}-x}{d}\right)\right].$$

Au centre en particulier ($x=0$) : $\mathcal{J}_s=-(2I/\pi)\operatorname{Arc\,tg}(l/2)d$. De plus, si l/d est grand, (1) nous donne $\mathcal{J}_{sx}=-I$ résultat évident.

A partir de (1) on déduit d'intensité totale

$$(2)\qquad I_i=\int_{-\infty}^{+\infty}\mathcal{J}_{sx}\,dx=-Il=-I_T\qquad (I_T \text{ intensité totale sur la largeur } l).$$

Ce résultat est valable quelle que soit l et est indépendant de d. L'analogie électrostatique est évidente (en particulier en posant $\sigma=I$ on a la couche inductrice σl et la couche induite $-\sigma l$).

Les courants induits dans la plaque créent dans l'enroulement inducteur un champ antagoniste :

$$(3)\qquad H'=\int_{-\infty}^{+\infty}2\,\frac{\mathcal{J}_{sx}}{r}\cos\theta\,dx$$

$$=-\frac{2Id}{\pi}\left[\int_{-\infty}^{+\infty}\frac{\operatorname{Arctg}\left(\frac{x+\frac{l}{2}}{d}\right)}{d^2+x^2}\,dx-\int_{-\infty}^{+\infty}\frac{\operatorname{Arctg}\left(\frac{x-\frac{l}{2}}{d}\right)}{d^2+x^2}\,dx\right].$$

Chacune des intégrales est de la forme :

$$\int_{-\infty}^{+\infty}\frac{\operatorname{Arctg}(x+K)}{1+x^2}=f(K).$$

D'où

$$\int_{-\infty}^{+\infty} \frac{dx}{(1+x^2)[1+(x+\mathrm{K})^2]} = f'(\mathrm{K})$$

qui, décomposée en éléments simples et intégrée, donne :

$$f'(\mathrm{K}) = \frac{2\pi}{\mathrm{K}^2+4}.$$

D'où

$$f(\mathrm{K}) = \pi \operatorname{Arctg} \frac{\mathrm{K}}{2} \qquad \big(f(0)=0\big).$$

Par conséquent

(4) $$\mathrm{H}' = -4\mathrm{I}_a \operatorname{Arctg} \frac{l}{4d}.$$

En particulier si $l/4d$ est très petit on obtient $\mathrm{H}' = -\mathrm{I}_{\mathrm{T}}/d$ (résultat connu). Si $l/4d \gg 1$, $\mathrm{H}' = -2\pi\mathrm{I}$. C'est le résultat classique auquel conduit le calcul du champ magnétique créé par une nappe plane indéfinie, conclusion à rapprocher du champ $2\pi\sigma$ créé par un plan indéfini uniformément chargé sur une de ses faces.

Si l'on suppose en outre la couche inductrice composée de n spires de rayon $a < \varepsilon = (2\pi\omega\gamma)^{-1/2}$, l'existence de H' conduit à une densité de courant I' variable à la surface du fil et dont l'expression est (¹) :

$$\mathrm{I}' = \mathrm{I}_a\left(1 + 2\pi\omega\gamma a^2 \cos\theta \operatorname{Arctg} \frac{l}{4d}\right) \qquad (\gamma \text{ conductibilité du fil}),$$

(I_a densité de courant par spire en l'absence de courants induits).

La puissance W dépensée par effet Joule dans la plaque nous définit une résistance R telle que

$$\mathrm{RI}_i^2 = \iiint \gamma h^2 \, dv \qquad \text{avec} \quad \vec{h} = \frac{1}{\gamma} \frac{\vec{\mathcal{J}}_{sx}}{\varepsilon}.$$

En remplaçant le champ électrique $\vec{h}$ par sa valeur et dv par $\varepsilon\, dx$, on obtient

$$\mathrm{RI}_i^2 = \frac{1}{\gamma\varepsilon} \int_{-\infty}^{+\infty} \mathcal{J}_{sx}^2 \, dx.$$

L'intégration délicate donne

$$\boxed{\mathrm{R} = \frac{2}{\pi\gamma\varepsilon l^2}\left[l \operatorname{Arctg} \frac{l}{2d} - d \operatorname{Log}\left(1 + \frac{l^2}{4d^2}\right)\right]}$$

par unité de longueur.

Remarquons que si la nappe possède une épaisseur finie $2a$, il suffit de remplacer dans toutes les formules que nous avons établies le paramètre d

(¹) A. Colombani, *Journal de Physique*, série VIII, 11, oct. 1949.

par $(d^2 - a^2)^{1/2}$. Par exemple :

$$R = \frac{2}{\pi\gamma\varepsilon l^2}\left[l \,\text{Arctg}\left(\frac{l}{2(d^2 - a^2)^{\frac{1}{2}}}\right) - (d^2 - a^2)^{\frac{1}{2}} \text{Log}\left(1 + \frac{l^2}{4(d^2 - a^2)}\right)\right]$$

par unité de longueur.

Cette formule représente aussi l'augmentation de résistance électrique de la nappe, car le courant Il qui la parcourt égale le courant induit I_i.

RADIOÉLECTRICITÉ. — *Tracé d'un diagramme circulaire universel, applicable à certains systèmes radioélectriques.* Note de M. **Jean Coulon**, présentée par M. Camille Gutton.

Le diagramme circulaire proposé par l'auteur est identique à celui obtenu pour un cristal de quartz. Il ne peut être tracé que dans l'éventualité où le coefficient de surtension respecte une condition que l'on précise.

Considérons des systèmes susceptibles d'entrer en oscillations entretenues à l'intérieur d'une bande de fréquences, bornée par deux fréquences f_0 et f_1, et telles qu'il soit possible de définir un nombre r tel que :

$$\frac{f_1}{f_0} = 1 + \frac{1}{2r}.$$

Supposons d'autre part qu'il soit possible de définir un coefficient de surtension Q, à partir de deux éléments électriques L_1 et R_1 respectivement homogènes à une inductance et à une résistance

$$Q = \frac{L_1 \omega_0}{R_1}.$$

Dans ces conditions, la variation du coefficient de surtension entre les deux bornes f_0 et f_1 peut s'écrire :

$$\frac{Q_1 - Q_0}{Q_0} = \frac{\Delta Q}{Q} = \frac{f_1}{f_0} - 1 = \frac{1}{2r}.$$

Si r est assez grand, $\Delta Q/Q$ est petit et l'on peut admettre que le coefficient de surtension reste constant dans la bande passante.

On retrouve les conditions dans lesquelles a été établi le diagramme circulaire relatif à un quartz (1), puisque ce diagramme ne dépend que du rapport Q/r.

Par suite, on peut également définir un abaque bicirculaire utilisable pour les mesures d'impédances du système (2).

(1) *Comptes rendus*, 234, 1952, p. 1271.
(2) *Comptes rendus*, 234, 1952, p. 1965.

Exemple. — Considérons une ligne de Lecher. Soit W_m l'énergie électromagnétique moyenne localisée dans le diélectrique, P_r la puissance dissipée par effet Joule dans les conducteurs, on trouve [3]

$$Q = \omega \frac{W_m}{P_r}.$$

D'autre part, il a été montré [4], que dans le cas d'une ligne, il est possible de définir deux quantités L_1 et C_1 (homogènes respectivement à une inductance et une capacité) telles que :

$$L_1 C_1 \omega_0^2 = 1.$$

Comme l'on peut définir [4] une bande passante, en adaptant la ligne à l'oscillateur à l'aide de capacités convenables, on peut calculer le nombre r.

On peut conclure en disant que la ligne de Lecher est susceptible du diagramme circulaire.

OPTIQUE ÉLECTRONIQUE. — *Sur le pouvoir séparateur de l'objectif électrostatique à immersion.* Note de M. **Albert Septier**, présentée par M. Gustave Ribaud.

En théorie [1] le pouvoir séparateur δ (en millimicrons) d'un microscope à émission thermoélectronique est lié au champ extracteur E_0 (volt/centimètre), régnant à la surface d'une cathode portée à la température absolue T, par la formule : $\delta = (4.10^7\,T/11600\,E_0)$. J'ai comparé ces prévisions à l'expérience au moyen d'un microscope métallurgique antérieurement décrit [2].

a. Appareil. — L'avantage essentiel de cet appareil réside dans la forme de l'objet (une pastille plane de 5 mm de diamètre) et son mode de chauffage (par bombardement électronique sur la face arrière). Cette cathode est unipotentielle et donne un objectif de structure simple dont on peut analyser le champ avec précision.

J'ai étudié d'abord l'objectif à immersion classique représenté figure 1. Le potentiel V était fixe (20 kV), le réglage de la tension φ appliquée au Wehnelt servait à mettre l'image au point sur un écran placé à 66 cm de la cathode. La distance a était variable et mesurable.

b. Grossissement. — Les deux variables a et φ sont liées par l'équation de mise au point dont j'ai déterminé expérimentalement la courbe repré-

(3) J. Oswald, *L'Onde électrique*, août-septembre 1947, p. 339.

(4) Jefferson, *Wireless Engineer*, juin 1941, p. 282.

(1) Recknagel, *Z. Physik*, 117, 1941, p. 689.

(2) Septier et Gauzit, *C. R. du Congrès de Microscopie*, Paris, 1950.

sentative (*fig.* 2) et le grossissement électronique G ne dépend plus que d'une seule variable, ici ν. G fut mesuré : 1° en enregistrant photographiquement les déplacements de l'objet déterminés directement au comparateur par ailleurs; 2° en comparant des photos électroniques du spécimen à des photos optiques de la même région; 3° en calculant G à partir de la distribution $\varnothing(z)$ du potentiel sur l'axe. Il y a un très bon accord entre ces trois déterminations indépendantes; toute erreur sur δ provenant de G est ainsi exclue.

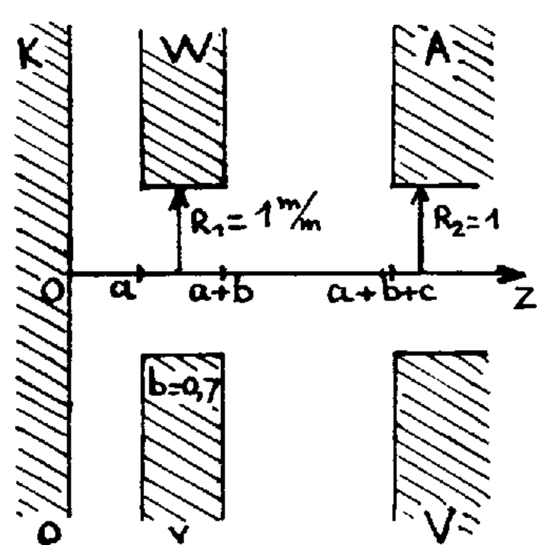


Fig. 1.

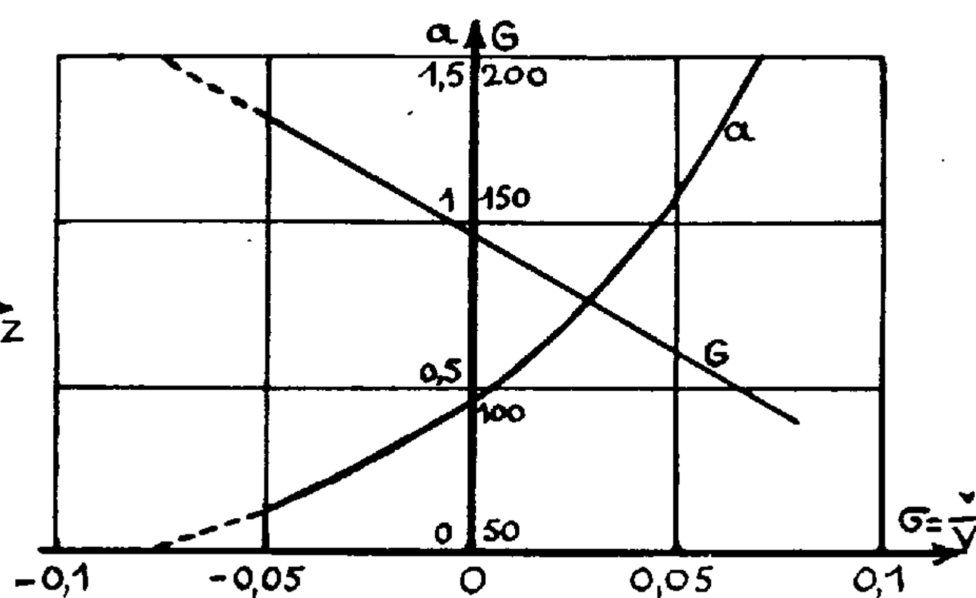


Fig. 2.

c. Facteurs expérimentaux du pouvoir séparateur δ. — Mises à part les conditions de soin (absence de vibrations mécaniques, de champs parasites et de fluctuations de tension), les facteurs suivants se sont révélés importants :

1° *Choix de l'objet examiné.* — Une bonne cathode doit être parfaitement plane, la profondeur de champ étant très faible et comporter une structure émissive très fine. Elle doit être très émissive pour que le temps de pose soit court (1-5 s).

2° *Choix du grandissement électronique.* — Un deuxième étage d'amplification électronique est nécessaire; il permet d'obtenir un grandissement suffisant pour faire disparaître toute influence du grain du film enregistreur; par contre, il faut conserver à l'image électronique une brillance suffisante en évitant de trop hautes températures de fonctionnement pour la cathode : le contraste des images diminue beaucoup avec l'élévation de la température. Le compromis optimum est réalisé pour $G_t = 1000$, pour une grande variété d'objets.

3° *Choix de la tension.* — Le danger de claquage limite la tension utilisable à 30 kV. Au voisinage de 30 kV, on ne peut utiliser pour objets que des métaux purs (molybdène, tungstène) où les structures fines sont rares.

4° *Choix de* R_1. — Une augmentation du rayon R_1 du Wehnelt entraîne

une augmentation très élevée du potentiel négatif de focalisation et, toutes choses égales par ailleurs, E^0 *décroît légèrement lorsque* R_1 *augmente.* De plus, G décroît rapidement, si bien que le diamètre indiqué (*fig.* 1) fournit un compromis optimum.

d. Résultats. — Le pouvoir séparateur mesuré sur les meilleures photographies a été trouvé pour $V = 20$ kV, égal à $\delta = 150$ mμ, δ étant déterminé par la distance des centres de deux petites taches, qui apparaissent encore séparées. La figure 3 montre l'aspect d'une surface de nickel parsemée de points émissifs d'oxyde de strontium; la figure 4 représente des lignes de glissement sur une surface de platine.

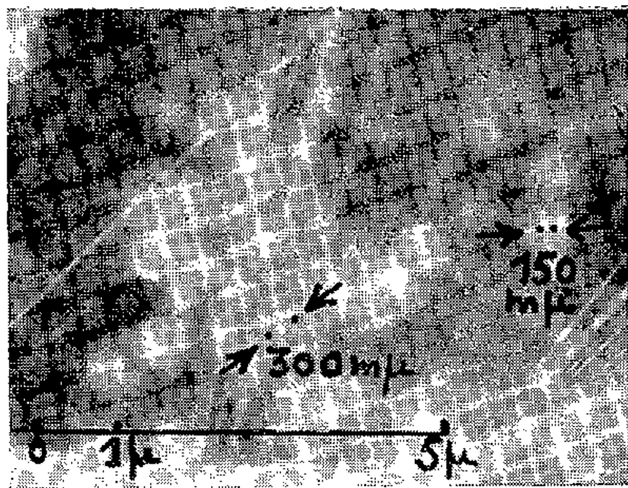


Fig. 3.

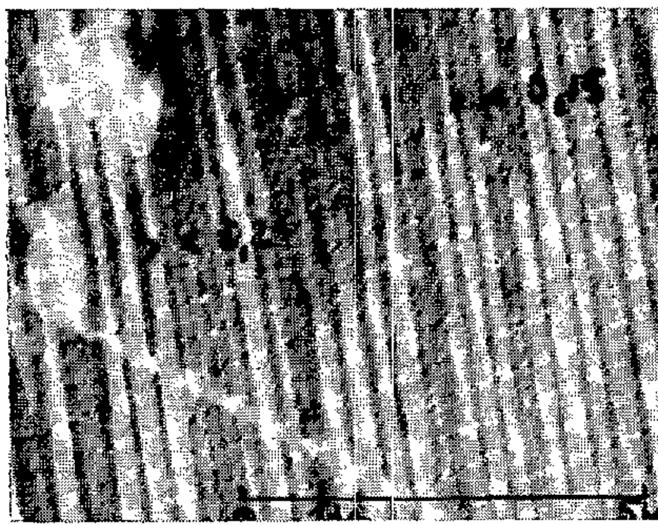


Fig. 4.

Figure 3 : Grains de CO_3Sr sur nickel. — Figure 4 : Lignes de glissement dans un cristal de platine.

e. Comparaison a la théorie. — La température absolue de la cathode a été mesurée au micropyromètre Ribaud, en appliquant les corrections propres à la nature de chaque spécimen. E_0 a été déterminé par deux procédés indépendants : calcul et mesures à la cuve rhéographique. Une étude publiée ultérieurement mène à la formule suivante approchée, par excès :

$$E_0 = \frac{2(1-\sigma)}{\pi c}\left[\frac{\dfrac{a+b+c}{R_2}}{1+\left(\dfrac{a+b+c}{R_2}\right)^2} - \frac{\dfrac{a+b}{R_1}}{1+\left(\dfrac{a+b}{R_1}\right)^2} + a\,\mathrm{arctg}\left(\frac{a+b+c}{R_2}\right) - a\,\mathrm{arctg}\left(\frac{a+b}{R_1}\right)\right] + \frac{2\sigma}{\pi a}\left[\frac{\dfrac{a}{R_1}}{1+\left(\dfrac{a}{R_1}\right)^2} + a\,\mathrm{arctg}\frac{a}{R_1}\right].$$

Dans les expériences qui ont mené aux figures 3 et 4, on avait $a = 0,2$, $\varphi/V = \sigma = -0,04$, $V = 20$ kV, $E_0 = 15$ kV/cm; $\delta = 260$ mμ pour la figure 3 et $\delta = 400$ mμ pour la figure 4. Les valeurs expérimentales sont meilleures que les prévisions théoriques.

OPTIQUE. — *Constance des produits* Aλ *et* Dλ *dans l'absorption et la diffusion des photons.* Note de M. **Lev Akobjanoff**, transmise par M. Eugène Darmois.

Nous avons mesuré l'absorption de photons de longueurs d'onde différentes par une suspension de noir de fumée, obtenue en diluant deux gouttes d'encre de Chine (Higgins, *Amer. India Ink*) dans 2 l d'eau. Les deux gouttes pèsent 0,0415 g; elles contiennent 0,0152 g de matière sèche dont 0,0050 g de noir (1); le diamètre moyen des particules est 19 μ (2). Les mesures ont été faites avec un spectromètre « Beckmann » modèle DU, suivant le procédé standard, dans lequel on fait passer 100 unités de lumière d'abord à travers une cuvette témoin (épaisse de 1 cm) remplie de solvant, puis par une cuvette identique remplie de l'absorbant, mesurant la diminution du courant photoélectrique qui résulte du fait de l'échange des cuvettes. Les absorptions observées sont indiquées dans le tableau I, qui donne, comme aussi le tableau II, les moyennes de dix séries de mesures sans aucune correction

Tableau I.

Absorption de photons par des particules noires.

λ(mμ).	A %.	$A\frac{\lambda}{10}$.	λ(mμ)	A %.	$A\frac{\lambda}{10}$.	λ(mμ).	A %.	$A\frac{\mu}{10}$.
350	44,7	1560	600	28,3	1700	850	20	1700
400	40,9	1635	650	26,1	1700	900	18,8	1690
450	37,4	1680	700	24,2	1690	950	17,6	1675
500	34,5	1725	750	22,6	1690	1000	16,4	1646
550	31,1	1700	800	21,2	1700	1050	15,7	1655

Tableau II.

Diffusion de photons par des particules blanches.

λ(mμ).	D %.	$D\frac{\lambda}{10}$.	λ(mμ).	D %.	$D\frac{\lambda}{10}$.	λ(mμ).	D %.	$D\frac{\lambda}{10}$.
350	34	1192	600	20	1199	850	14,6	1241
400	29,7	1188	650	18,8	1217	900	13,8	1244
450	27,2	1211	700	17,3	1216	950	13	1235
500	24	1198	750	16,4	1230	1000	12,3	1227
550	21,8	1200	800	15,6	1244	1050	11,5	1209

Le produit Aλ est à peu près constant; cela semble indiquer que l'absorption est fonction de I/λ. A condition toutefois que dans cet essai la diffusion inévi-

(1) Bennet, *Chemical Formulary*, 3, 1936, p. 189.

(2) *Columbian Colloidal Carbons* (*Col. Carb. Co. Res. Lab.*, **11**, 1940, p. 19).

table des photons obéisse à la même loi. Ceci semble prouvé par nos mesures sur une suspension de particules non absorbantes dont les résultats sont donnés dans le tableau II.

Ces diffusions ont été observées avec une suspension dans l'eau de carbonate basique de Mg : $3 MgCO_3 . Mg(OH)_2 . 3 H_2O$; le carbonate est obtenu par broyage et décantations répétées. Sa concentration était de 0,33 g/l, le degré de dispersion n'étant pas connu à cause de la tendance de ce produit à floculer (il faut l'agiter durant les mesures). Des diffusions de photons donnant la même constance de D sont produites également par des suspensions aqueuses de MgO et celles du carbonate dans l'acétate d'amyle, mais leur maniement est plus délicat encore. D'autres corps blancs sont moins favorables optiquement : MgSiO absorbe vers 800 mμ, ZnO vers 400 mμ. Pour ces raisons l'influence de l'état de dispersion a été étudiée sur d'autres produits.

Des suspensions de particules noires d'un diamètre moyen de 66 μ, de même que des particules blanches (TiO_2) de 35 μ de diamètre moyen, agissent comme un « rideau » réduisant la lumière de toutes les longueurs d'onde dans un rapport constant. Les globules d'une émulsion blanche de 0,17-0,27 μ de diamètre (lait homogénéisé) ([3]) diffusent les photons de 350 à 1050 mμ comme la suspension de carbonate basique de magnésie décrite plus haut. Tandis que des globules de 2,86 à 2,94 μ (lait ordinaire) superposent l'effet du « rideau » au produit Dλ : 10900 pour 400 mμ et 18600 pour 1050 mμ. L'augmentation de concentration a un effet semblable. Quatre gouttes d'encre de Chine dans 2 l d'eau donnent un Dλ de 28000 pour 400 mμ et de 34500 pour 1050 mμ.

Ces mesures ont été faites pour rechercher l'existence d'une périodicité dans l'absorbabilité des photons. Les résultats obtenus semblent une première preuve de cette périodicité.

RAYONS X. — *Remarques préliminaires sur le spectre L, la bande de conductibilité et la couleur de l'argent.* Note de Mlle **Yvette Cauchois**, présentée par M. Jean Cabannes.

La méthode d'étude la plus directe de la distribution des énergies des électrons faiblement liés et des électrons de conductibilité des métaux, entre autres solides, est actuellement l'analyse de leurs spectres X. Des résultats importants et détaillés ont été obtenus pour certains métaux comme l'aluminium ou le magnésium, le cuivre ou le nickel, purs ou alliés, parce que les transitions intéressantes mettent en jeu des niveaux internes relativement étroits et se situent dans des régions spectrales où la dispersion, dans l'échelle des énergies, est facilement suffisante pour une bonne analyse. Pour d'autres métaux, ce

([3]) Clayton, *The theory of emulsions, etc.*, Philadelphia, 1935, p. 250.

n'est pas le cas et nous manquons encore d'informations. Quoique les spectres X de l'argent et des métaux voisins aient fait l'objet de travaux étendus ([1]), ceux-ci n'ont, à ma connaissance, apporté aucune information explicite sur leurs bandes de conductibilité. La dispersion dans la région K étant normalement mauvaise, nous avons entrepris la recherche des niveaux de faible énergie à l'aide du spectre L. Voici quelques résultats préliminaires relatifs à l'argent.

Dans l'argent, les états les plus extérieurs sont les états $4d$ (ou $N_{IV,V}$), complètement occupés avec 10 électrons, et $5s$ (ou O_I). L'électron de valence est l'électron $5s$. De cet état, plus ou moins hybridé, doit dériver la bande de conductibilité de l'argent métallique. On sait que l'émission $L_{III}N_{IV,V}$, appelée L β_2, est une raie forte, à peu près symétrique, de largeur 3,72 eV [d'après L. G. Parratt ([2])], de longueur d'onde 3695,60 uX, accompagnée de nombreux satellites. L'émission L_{III} correspondant à la bande de conductibilité devait être recherchée à son voisinage. Nos spectres ont été pris dans cette région spectrale á l'aide du spectrographe à focalisation déjá décrit ([3]), mais équipé avec une lame de quartz taillée suivant la taille de Curie ([4]); la dispersion est alors d'environ 12 eV/mm; les conditions d'observation sont bien meilleures qu'avec gypse ou mica. On voit ainsi que β_2 se prolonge vers les grandes fréquences par une émission beaucoup plus faible monotone qui ne s'en détache pas. Si l'on enregistre sur un même cliché, l'un au-dessus de l'autre, le spectre d'émission et le spectre d'absorption, la limite de cette émission faible apparaît en coïncidence avec la discontinuité d'absorption L_{III}. Il s'agit donc, selon toute vraisemblance, de l'émission due à la bande de conductibilité. Une première mesure indique une distance d'environ 4 eV entre le centre de β_2 et le bord de cette bande que nous considérons comme la discontinuité d'émission L_{III}. La largeur apparente de β_2 est en bon accord avec la valeur citée. La discontinuité n'est pas très abrupte, mais Parratt admet pour le niveau L_{III} une largeur assez grande : 2 eV.

Suivant une théorie due à N. F. Mott, l'absorption optique d'un métal (qui détermine sa couleur) peut se faire par deux mécanismes dont l'un est l'effet photoélectrique interne ([5]) : un électron de conductibilité ou un électron *d* faiblement lié serait excité jusqu'à l'un des états inoccupés de la distribution

---

([1]) Une bibliographie critique sort du cadre de cette Note; *voir* Y. Cauchois, *Les spectres de rayons* X *et la structure électronique de la matière*, Paris 1948; Y. Cauchois et H. Hulubei, *Tables de constantes et données numériques; longueurs d'onde des émissions* X *et des discontinuités d'absorption* X, Paris, 1947.

([2]) *Phys. Rev.*, 54, 1938, p. 99.

([3]) Y. Cauchois, *Acta Cryst.*, 5, 1952. p. 348.

([4]) La taille de cette lame est due à Mme Devaux-Morin.

([5]) N. F. Mott et H. Jones, *The theory of the properties of metals and alloys*, Oxford, 1936.

de Fermi. L'analyse des bandes L du cuivre ([6]), métal noble comme l'argent, confirme ce point de vue pour ses électrons $3d$. Le coefficient d'absorption optique de l'argent ([5]) montre une forte discontinuité vers 3100 Å, soit 4 eV, suivie d'un maximum vers 2600 soit 4,7 eV. D'après nos mesures encore peu précises, une énergie d'environ 4 eV doit effectivement être nécessaire et suffisante pour transférer un électron $4d$ vers la surface de Fermi, quel que soit le processus de ce transfert ([7]) qui expliquerait bien alors la couleur de l'argent.

CHIMIE PHYSIQUE. — *Relation entre les caractéristiques électriques et géométriques d'une cellule électrochimique au bioxyde de manganèse.* Note de M. **Jean Brenet**, présentée par M. Louis de Broglie.

Il est établi la relation générale qui doit relier l'intensité de courant débité par une cellule électrochimique et sa résistance interne, aux caractéristiques dimensionnelles et géométriques pour obtenir une capacité maximum.

Cette relation prend une forme particulièrement simple dans le cas d'nne cellule ayant la symétrie cylindrique.

Étant donné une cellule électrochimique de forme géométrique déterminée, nous pouvons considérer que sa capacité peut être conditionnée par les caractéristiques dimensionnelles fixant la forme géométrique elle-même.

Si la cellule débite sur une résistance fixe R, nous aurons la capacité obtenue entre les instants zéro et t par l'intégrale de la courbe $I(t)$ donnant le courant à chaque instant en fonction du temps. En pratique cette courbe ne peut être représentée analytiquement par une fonction algébrique simple et par suite l'intégrale donnant la capacité C :

$$C = \int_0^t I(t)\, dt \tag{1}$$

ne peut être calculée que par une méthode graphique.

Si nous désignons par $U(t)$ la différence de potentiel instantanée aux bornes de la résistance de débit, nous aurons évidemment

$$C = \frac{1}{R}\int_0^t U(t)\, dt = \frac{1}{R}\int_0^t [E(t) - I(t)\, r(t)]\, dt, \tag{2}$$

$E(t)$ et $r(t)$ étant respectivement la f. é. m. et la résistance interne instantanée de la cellule.

Nous pouvons chercher alors les conditions géométriques qu'il faut imposer à l'électrode dépolarisante pour que C soit maximum. Pour cela nous admet-

([6]) Y. Cauchois, *Phil. Mag.* (sous presse.)

([7]) J. Friedel, *Proc. Phys. Soc.* (sous presse.)

tons pour simplifier que la forme géométrique est caractérisée par une seule dimension x, toutes les autres étant exprimées en fonction de la première.

Pour rendre l'intégrale C maximum pour une variation infiniment petite δx de la variable dimensionnelle x, il faut que la variation δC de l'intégrale soit nulle quelle que soit δx.

Nous sommes donc en présence d'un calcul classique de variation et la condition imposée s'exprime par la relation

$$\delta C = \frac{1}{R}\int_0^t \left[\frac{\partial E}{\partial x}\delta x - r\frac{\partial I}{\partial x}\delta x - I\frac{\partial r}{\partial x}\delta x\right] dt = 0. \tag{3}$$

D'où la condition fondamentale

$$\frac{\partial E}{\partial x} - r\frac{\partial I}{\partial x} - I\frac{\partial r}{\partial x} = 0. \tag{4}$$

Dans cette expression le terme $\partial E/\partial x$ est nul car à chaque instant la f. é. m. ne dépend pas des caractéristiques géométriques de la cellule, mais seulement de la nature du couple électrochimique étudié. Il reste donc comme seule condition finale

$$r\frac{\partial I}{\partial x} + I\frac{\partial r}{\partial x} = 0. \tag{5}$$

Cette relation prend une forme particulièrement intéressante en pratique dans le cas où la cellule présente la symétrie cylindrique. En effet, dans ce cas, la résistance interne, en négligeant les résistances de passage entre les divers constituants de la cellule, est de la forme

$$r = \frac{1}{h}\left[\frac{1}{\sigma_1}\operatorname{Log}\frac{a}{b} + \frac{1}{\sigma_2}\operatorname{Log}\frac{b}{c}\right], \tag{6}$$

σ_1 et σ_2 sont respectivement les conductivités de l'électrolyte et de l'électrode positive; a, b, c sont des constantes permettant d'exprimer les diamètres des couronnes d'électrolyte et de l'électrode positive en fonction de h.

En effet, dans ce cas, les conducteurs, électrolyte et masse dépolarisante, sont des couronnes cylindriques de hauteur h, et l'on peut considérer que la résistance interne est la somme des résistances de deux conducteurs annulaires. Les lignes de courant sont radiales et la résistance interne r dépendra du temps par l'intermédiaire des conductivités de l'électrolyte et du dépolarisant, car il est certain que pendant la décharge ces conductivités se trouvent modifiées par les différentes réactions dues aux mécanismes de polarisation et dépolarisation. Remarquons en outre que, dans l'étude présente, nous ne sommes nullement amenés à envisager tel ou tel mécanisme de polarisation et dépolarisation, la seule hypothèse étant que ces mécanismes, quels qu'ils soient, se passent d'une manière absolument homogène dans toute la cellule.

Dans ces conditions nous aurons alors

$$\frac{\partial r}{\partial h} = -\frac{1}{h^2}\left[\frac{1}{\sigma_1}\operatorname{Log}\frac{a}{b} + \frac{1}{\sigma_2}\operatorname{Log}\frac{b}{c}\right],$$

et la condition (5) prend la forme

$$\frac{\partial I}{\partial h} - \frac{I}{h} = 0. \tag{7}$$

qui s'intègre immédiatement en

$$I = A(t) \times h;$$

A (t) dépend évidemment du temps et il est en outre aisé de voir que cette constante $A(t)$ doit être, au point de vue des unités, homogène à un champ magnétique.

Dans ce cas particulier, il se dégage alors la règle suivante :

Dans une cellule électrochimique ayant la symétrie cylindrique et dont les constituants, électrolyte et dépolarisant, se présentent sous forme de couronnes cylindriques, on pourra obtenir la capacité maximum dans une décharge continue sur résistance fixe si à chaque instant l'intensité du courant fourni est proportionnelle à la hauteur des couronnes.

Cette règle peut avoir une importance très grande en pratique lorsqu'il s'agit d'étudier les dimensions d'une cellule et elle permet de se rendre compte si, dans une cellule donnée, on peut espérer une amélioration de sa capacité.

CHIMIE PHYSIQUE. — *Un dialyseur sous pression contrôlée.*

Note de M. **Boris Rybak**, présentée par M. Maurice Javillier.

Il existe de nombreux dialyseurs sous pression [1]; le prototype décrit ici est d'une sensibilité manométrique suffisante pour permettre de suivre les variations osmotiques qui se produisent par exemple pendant la dialyse de sols protéiques riches en sels, mais l'appareil est aussi utilisable pour étudier certaines réactions enzymatiques des microorganismes en culture ou en survie, dans des conditions de moindre exhaustion des substrats dissous et de moindre intoxication du milieu liquide (par exemple : activité catalasique des spermatozoïdes d'Oursins). L'ensemble, manomètre-dialyseur est un équipage mobile; le manomètre est du type « Warburg » modifié (*fig.* 1), le dialyseur (*fig.* 2) plonge dans un thermostat du genre utilisé pour la manométrie Warburg. Toute la verrerie est en Pyrex.

---

(1) *Cf.* : *a.* J. Loiseleur, *Techniques de Laboratoire*, Paris, 1947, p. 20-21 et 384; *b.* E. A. Kabat et M. Mayer, *Experimental Immunochemistry*, Springfield, 1948, chap. 33, p. 429 et suiv.; *c.* A. Weissberger, *Technique of organic chemistry*, New-York, 1920, chap. 5, p. 313 et suiv.

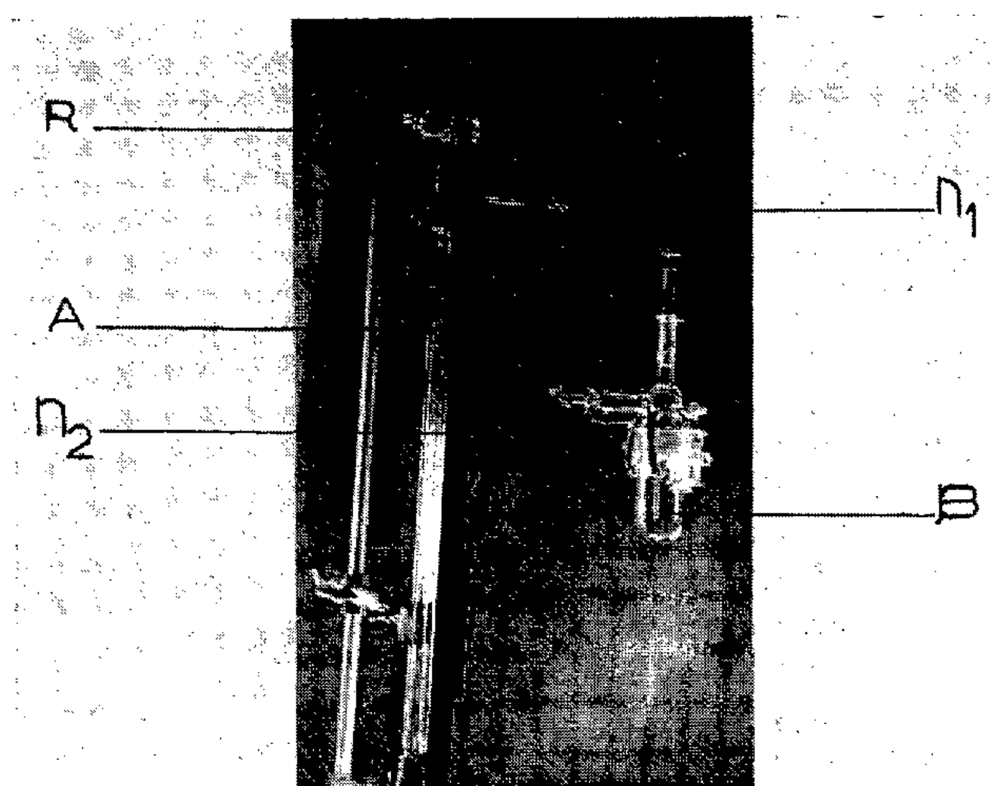


Fig. 1. — Vue d'ensemble de l'appareil monté.

A, manomètre à double coude (n_1 et n_2); R, robinet du manomètre; B, dialyseur photographié sans sa membrane de collodion (il s'agit d'un prototype légèrement différent de celui représenté sur la figure 2).

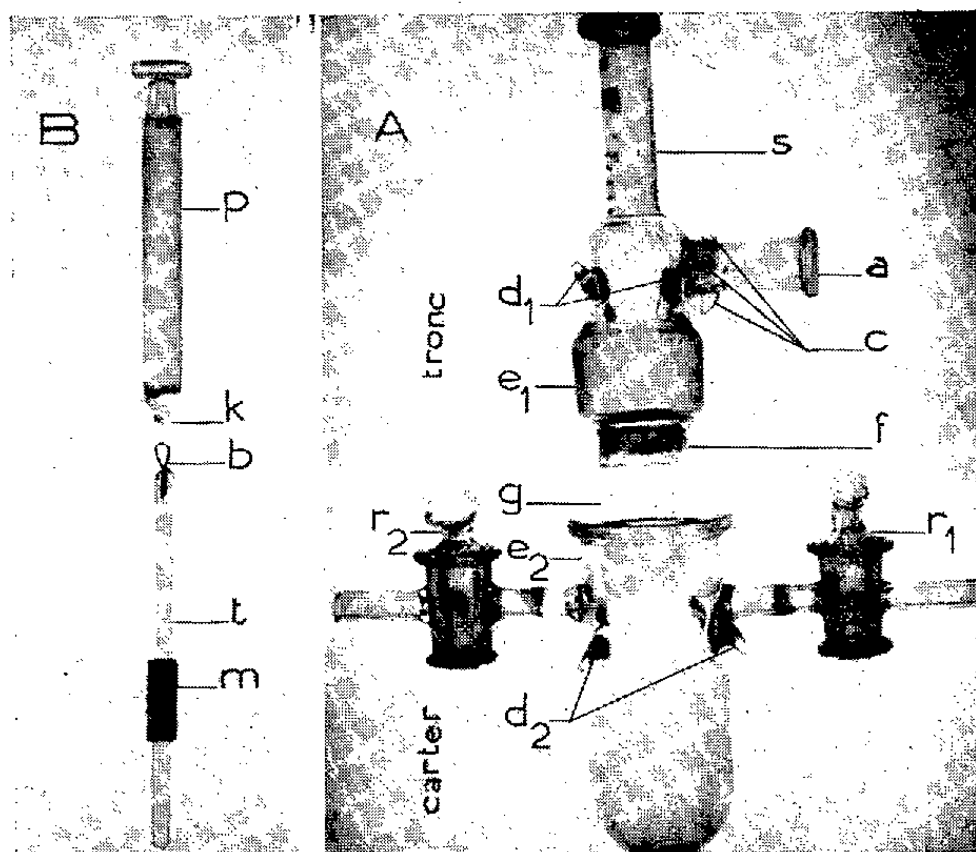


Fig. 2. — A. *Dialyseur.*

s, corps de la seringue graduée; *a*, élément femelle du rodage fixant le tronc au manomètre; *c*, 4 oreilles pour l'accrochage de ressorts reliant le tronc au manomètre; d_1, d_2, 4 + 4 oreilles pour l'accrochage de ressorts reliant le tronc au carter; e_1, e_2, joint rodé tronc-carter; r_1, r_2, robinets d'arrivée et de départ du liquide circulant; *f*, collerette de fixation du sac de collodion; *g*, sac de collodion à l'éther fixé par collage au collodion.

B. *Dispositif de pression et d'agitation.* — *p*, piston de la seringue de corps *s* muni à sa base d'un crochet *k* permettant l'accrochage de l'agitateur *t*; *t*, agitateur en battant de cloche muni d'une boucle d'accrochage *b* en fil de platine et d'un amortisseur en caoutchouc *m*.

L'alimentation en liquide circulant (eau distillée, tampons, substrats dialysables, etc.) est régularisée par la hauteur de liquide d'un tank thermostatique muni d'un trop-plein et placé entre la source de liquide et le dialyseur. Pendant le fonctionnement, un appareil semblable au dialyseur, servant de contrôle, est monté en série, en amont par rapport au dialyseur proprement dit. Notre appareil se calibre en volumes et en pressions par une technique adaptée de la méthode à l'eau de Krebs ([2]); l'examen doit être fait au moins à deux volumes et à deux pressions différents, l'appareil étant successivement privé de sa membrane (capacité totale), puis muni de celle-ci (capacité relative).

Montage. — 1° Le robinet R étant ouvert, à l'aide de la vis de pression du manomètre, placer les colonnes de mercure au milieu de la graduation, par exemple;

2° à l'aide de ressorts, fixer le tronc muni du sac rempli sur le manomètre par l'ajutage rodé *a*;

3° fermer le robinet R et comprimer l'air à l'aide du piston *p* graissé (silicone), l'agitateur *t* étant accroché;

4° le rodage e_1 étant graissé, fixer le carter rempli ou non de liquide circulant ou autre. Rapidement alors ;

5° fermer les robinets du carter et monter l'appareil sur l'agitateur arrêté du thermostat;

6° brancher l'adduction de liquide, ouvrir les robinets du carter, mettre en mouvement le système d'agitation à la vitesse convenable et régler le débit de liquide à l'aide de vis de pression qu'on place sur la tuyauterie à l'arrivée et au départ.

Avant toute expérience, on doit contrôler les appareils du point de vue pression (étanchéité du sac, débit); pour cela, placer à l'intérieur du sac le même liquide que celui qui circulera. Le montage doit rester à pression fixe pendant 1 h au moins ([3]).

MÉTALLOGRAPHIE. — *Contribution à l'extraction électrolytique des carbures d'un acier rapide trempé.* Note de M. **Jean Papier**, présentée par M. Pierre Chevenard.

Afin d'éclairer des recherches sur le revenu des aciers à coupe rapide, que M. André Michel et moi poursuivons au Laboratoire de l'École des

---

([2]) H. A. Krebs in : Oppenheimer et Pincussen, *Die Fermente und ihre Wirkungen*, Leipzig, 3, 1929, 5e édit., p. 635 et suiv.

([3]) Cet appareil a été construit à l'Institut Wenner-Gren de Stockholm dans le service du Professeur J. Runnström.

mines de Saint-Étienne, je me suis proposé d'étudier séparément les propriétés des deux phases : carbure et matrice métallique, telles qu'elles résultent de la trempe à partir de conditions d'austénisation déterminées. Ce but atteint, l'interprétation des diagrammes fournis par l'analyse physicothermique de l'acier deviendra plus simple, puisque les singularités spécifiques des deux phases ayant été déterminées au préalable, il sera plus aisé d'identifier les manifestations des réactions entre ces phases. Un tel programme implique l'isolement de la phase carbure, puis la réalisation d'un alliage identique à la matrice métallique.

La présente Note expose brièvement la technique utilisée pour la séparation du carbure et quelques-uns des résultats obtenus. Mes expériences ont porté sur un acier rapide du type 18-4-2 : C, 0,79; W, 18,8; Cr, 4,36; V, 1,90; Si, 0,14; Mn, 0,2; Ni, 0,15 %; Mo, traces.

Inspiré par des travaux récents (1), (2), (3), j'ai eu recours à la séparation électrolytique. L'expérience m'a conduit à adopter une cellule à l'acide chlorhydrique, reconnue préférable à une cellule au citrate de sodium dont le montage nécessite la réalisation de deux compartiments (anodique et cathodique) et dont le fonctionnement oblige, pour être correct, au remplacement continu de l'anolyte. La liqueur chlorhydrique est une solution aqueuse à 5 %, la densité de courant limitée à 1 A/dm^2 et l'échantillon un cylindre de 4 mm de diamètre.

Le choix de cette densité de courant et de ce diamètre est important, surtout dans le cas de l'acier trempé à partir d'une température élevée où règnent des tensions internes. Si, en effet, un barreau de diamètre notable est électrolysé avec une densité de courant trop élevée, la relaxation des tensions internes, d'une part, et la rapidité de l'électrolyse, d'autre part, facilitent grandement le détachement d'éclats d'acier qui viennent contaminer le résidu isolé. Ainsi, ayant soumis un cylindre de 6 mm de diamètre à une densité de courant de 5 A/dm^2, j'ai constaté, dans le résidu, la présence de particules ferromagnétiques qui, triées avec un aimant puis analysées, ont été trouvées identiques à l'acier étudié. Le triage magnétique auquel j'ai été conduit, d'une part pour déterminer la quantité des carbures extraits, d'autre part pour permettre leur analyse correcte, m'a semblé incommode et aléatoire. C'est pour ces raisons que j'ai adopté les conditions indiquées précédemment (faible diamètre, faible densité de courant) et l'analyse aux rayons X des résidus extraits par cette méthode en a prouvé la validité : pas de traces d'acier dans le résidu.

(1) A. P. Gulyaev, *Zavodskaya Labor.*, **12**, 1946, p. 9.

(2) A. P. Gulyaev, *Stal.*, 6, 1946, p. 188.

(3) D. J. Blickwede et M. Cohen, *J. Metals*, 1949.

A titre d'exemple, voici les résultats obtenus lors de l'électrolyse en solution chlorhydrique à 5 %, sous 1 A/dm^2, d'aiguilles cylindriques de l'acier étudié de 4 mm de diamètre, trempées à l'huile après 5 mn de maintien à 1300° C. Quantité de carbures extraits : 14 % (en poids); composition des carbures : C, 2,5; W, 58,0; Fe, 29,0; Cr, 2,7; V, 5,1 %.

La lecture des résultats obtenus dans les conditions indiquées permet de constater :

1° que le pourcentage de chrome des carbures est plus faible que celui de l'acier;

2° que celui du vanadium est beaucoup plus élevé.

Ceci donne une idée assez nette de la répartition de ces éléments entre la matrice et les carbures. L'examen des pourcentages montre, en outre, que la précision du dosage est de l'ordre de 2 %; les résultats de très nombreux essais en cours permettront de préciser davantage ces chiffres. Enfin, en ce qui concerne le carbone, on doit considérer le pourcentage indiqué ci-dessus comme certainement supérieur à celui des carbures, car on peut estimer que, au moins une partie du carbone de la matrice libéré lors de la dissolution, vient souiller le carbure; mes efforts présents visent à réduire cette cause d'erreur.

En ce qui concerne la nature des carbures extraits dans ces conditions, mes résultats ont confirmé ceux d'autres investigateurs (4), à savoir : la plus grande partie est un carbure du type M_6C et le reste un carbure du type MC. La confirmation en a été donnée par l'examen de l'acier au microscope et par l'analyse aux rayons X, pour laquelle j'ai été utilement guidé par MM. J. Bénard et J. Moreau.

Pour terminer, il importe d'attirer l'attention sur la nécessité de laver longuement à l'ammoniaque le résidu d'électrolyse, pour le débarrasser d'un enduit blanchâtre abondant qui en recouvre les grains. Cet enduit, que les rayons X m'ont permis d'identifier avec celui qui recouvre le résidu fourni par l'électrolyse chlorhydrique d'un ferro-tungstène à 57 % W, est, essentiellement, un acide tungstique. Faute d'un lavage ammoniacal assez prolongé, la teneur en tungstène du résidu paraît anormalement élevée et les pourcentages de ses éléments forment un total inférieur à 100 : l'écart est alors d'autant plus grand que la température d'austénisation a été plus élevée.

Peut-être faut-il trouver ici l'explication, au moins partielle, d'un semblable écart, dont l'importance a été récemment signalée par Kayser et Cohen (4) et qui apparaît nettement moindre dans mes propres expériences.

---

(4) F. Kayser et M. Cohen, *Metal Progress*, juin 1952, p. 79.

CHIMIE ORGANIQUE. — *Synthèse et hydrogénation des acides dibenzylidène et dianisylidène succiniques.* Note de MM. **Roger Cluzel** et **Paul Cordier**, présentée par M. Marcel Delépine.

L'hydrogénation des acides dibenzylidène et dianisylidène succiniques se fait différemment suivant le processus utilisé; l'anhydride de l'acide saturé obtenu par l'amalgame de sodium subit une diastéréoisomérisation sous l'action prolongée de la chaleur dans l'anhydride acétique et donne l'anhydride de l'acide saturé obtenu par le nickel Raney.

Au cours d'une étude antérieure, l'un de nous [1] a précisé les conditions d'obtention des acides $\alpha\alpha'$ dibenzyl-succiniques diastéréoisomères, l'anhydride de l'acide inactif F 203° obtenu par hydrogénation de l'acide dibenzylidène-succinique par l'amalgame de sodium donnant naissance par action prolongée de la chaleur à l'anhydride de l'acide racémique F 172°.

Nous nous sommes proposé d'examiner le processus d'hydrogénation catalytique du même acide diéthylénique-succinique par le nickel Raney.

Nous avons modifié la préparation de l'acide dibenzylidène-succinique et adopté le mode opératoire signalé pour l'acide benzylbenzylidène-succinique [2]. On a effectué la condensation de l'aldéhyde benzoïque (2 mol) avec le succinate d'éthyle (1 mol) en présence de sodium (2 atomes) finement pulvérisé au sein du toluène; l'opération dans ce cas est réalisée à basse température (— 15° environ), puis au bout de 3 h, le mélange est maintenu à la glacière (+ 2°) pendant 48 h. Nous avons isolé l'acide dibenzylidène-succinique F 221-222° [218° selon la bibliographie [3]], donnant facilement l'anhydride correspondant F 205-206°.

Nous avons effectué l'hydrogénation catalytique de cet acide en phase aqueuse et alcaline en présence de nickel Raney, sous la pression ordinaire à la température du laboratoire. Nous avons obtenu l'acide dibenzyl-succinique racémique F 172° auquel correspond l'anhydride F 125°.

Devant cette divergence de résultats, nous avons répété l'hydrogénation de l'acide dibenzylidène-succinique par l'amalgame de sodium dans les mêmes conditions que celles réalisées auparavant [1], et obtenu l'acide dibenzyl-succinique inactif F 203°. L'anhydride de cet acide F 104° nous a donné par chauffage prolongé dans l'anhydride acétique, comme cela avait été décrit [1], l'anhydride F 125° correspondant à l'acide racémique F 172°.

---

(1) P. Cordier, *Thèse Doct. ès sciences*, Paris, 1931, p. 17.

(2) P. Cordier, *Comptes rendus*, 232, 1951, p. 1354.

(3) Stobbe et Naoum, *Ber.*, 37, 1904, p. 2241.

Ainsi nous constatons que l'hydrogénation catalytique par le nickel Raney de l'acide dibenzylidène-succinique conduit directement à l'acide dibenzyl-succinique racémique F 172°; alors que l'hydrogénation par l'amalgame de sodium donne naissance à l'acide inactif F 203° dont l'anhydride subit sous l'action de la chaleur une isomérisation en anhydride de l'acide racémique.

Dans l'espoir d'arriver à démontrer qu'il ne s'agissait pas d'un fait isolé, nous avons repris cette étude sur un composé très voisin, l'acide *bis* (paraméthoxybenzylidène) succinique ou dianisylidène-succinique. Nous l'avons obtenu suivant le même processus que celui conduisant à l'acide dibenzylidène-succinique en remplaçant l'aldéhyde benzoïque par l'aldéhyde anisique. L'acide isolé fond à 310° [le produit signalé dans la bibliographie ([1]) obtenu par un procédé différent fond à 260°); l'anhydride correspondant préparé avec l'anhydride acétique fond à 174° (179-180° selon les mêmes auteurs).

Nous avons effectué l'hydrogénation par le nickel Raney également en phase aqueuse et alcaline, et obtenu un acide *bis* (paraméthoxybenzyl) succinique ou dianisylsuccinique F 173-174° auquel correspond un anhydride F 192°.

L'hydrogénation parallèle du même acide éthylénique par l'amalgame de sodium à 5 % au bain marie nous a donné un acide *bis* (paraméthoxybenzyl) succinique F 193-194° donnant un anhydride F 207-208°.

Comme dans le cas étudié précédemment, nous avons pu constater que sous l'action prolongée de l'anhydride acétique, l'anhydride F 207-208° subit une isomérisation conduisant à l'anhydride F 192° qui correspond à l'acide F 173-174°.

Des essais de dédoublement des deux acides *bis* (paraméthoxybenzyl) succiniques sont en cours.

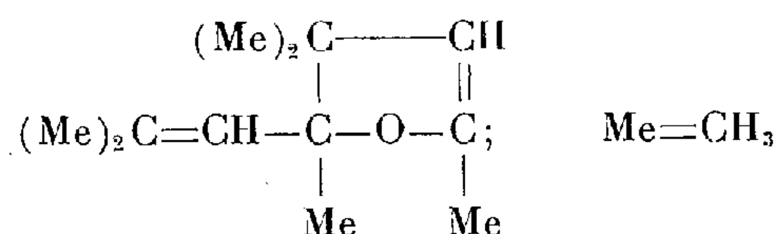
Conclusion. — L'hydrogénation des deux acides diéthyléniques succiniques examinés se fait différemment selon le processus utilisé; le nickel Raney conduit à un acide saturé diastéréoisomère de celui obtenu par l'amalgame de sodium.

CHIMIE ORGANIQUE. — *Polymérisation des dérivés polyéthyléniques provenant de la réduction de l'oxyde de mésityle.* Note de M. **Joseph Wiemann** et Mlle **Le Thi Thuan**, présentée par M. Marcel Delépine.

La réduction duplicative de l'oxyde de mésityle donne différents produits

([1]) F. G. Baddar, Lanson S. El-Assal et M. Gindy, *J. Chem. Soc.*, 1948, p. 1270-1272.

dont un oxycarbure de formule brute $C_{12}H_{20}O$ [1] :



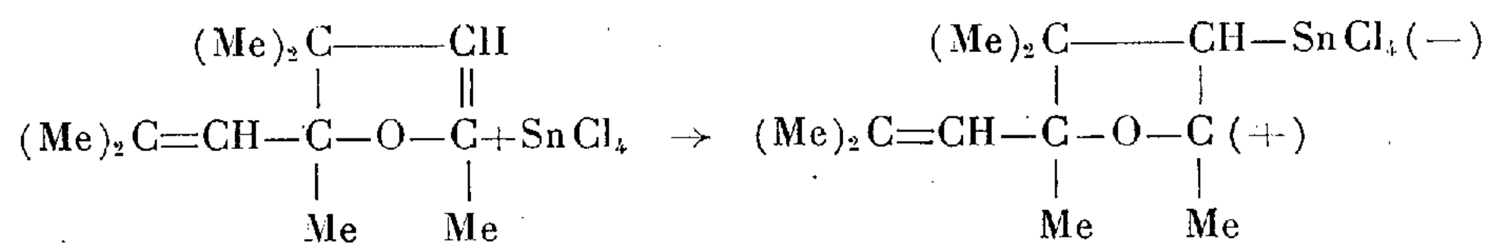
Partant de ce produit, nous nous sommes proposé d'étudier sa polymérisation et d'identifier les produits obtenus.

La polymérisation se fait par un réactif polaire cationoïde, donnant un ion carbonium. En effet le peroxyde de benzoyle et l'acide acétique glacial n'ont pas donné de polymérisation, au contraire elle se produit en présence de catalyseurs du type Friedel et Crafts.

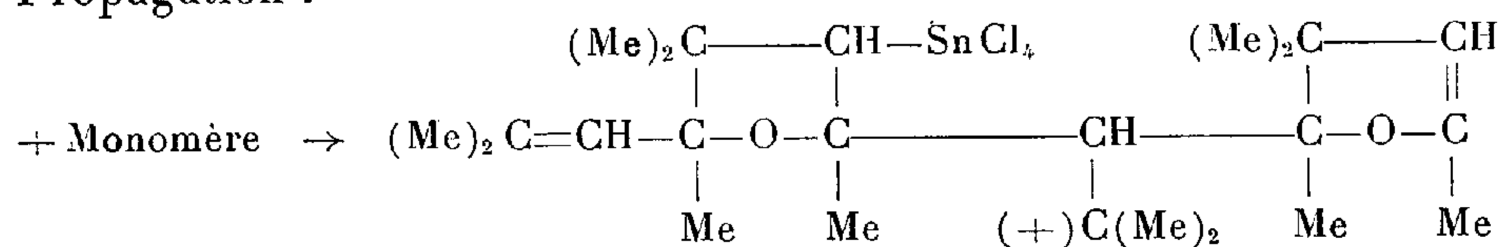
Selon le schéma connu, le catalyseur prend part activement à l'amorçage en donnant d'abord naissance à un complexe, lequel réagit sur le monomère pour donner : un dimère et des polymères.

Le schéma des périodes de la polymérisation pourrait se formuler de la façon suivante :

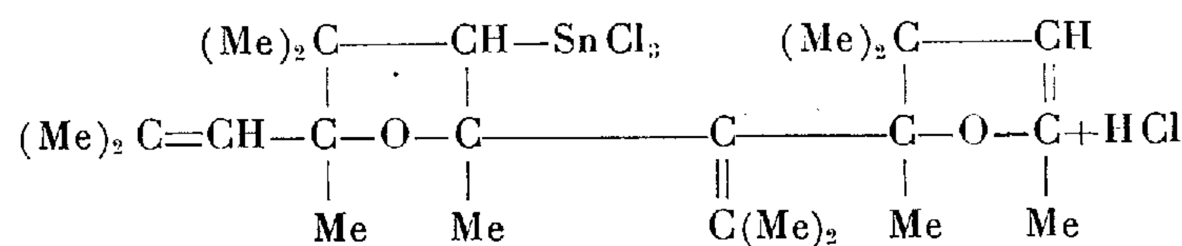
1° Initiation :



2° Propagation :



3° Interruption :



L'interruption se fait par formation d'une double liaison en bout de chaîne.

Le dimère est isolé par distillation fractionnée sous vide poussé. Il se présente sous la forme d'un liquide incolore, visqueux de formule brute $C_{24}H_{40}O_2$, $E_{0,1}$ 140°, (C % 80,19, H % 11,14, trouvé pour C % 80, H %, 11,11 calculé).

---

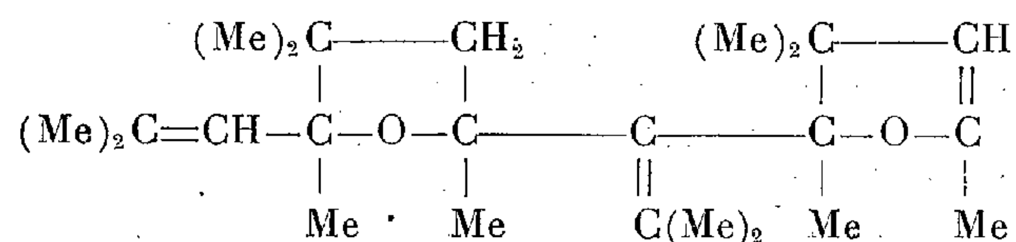
(1) WIEMANN et GLACET, *Comptes rendus*, 226, 1948, p. 923.

Le point de fusion de ces polymères de formule brute $(C_{12}H_{20}O)_n$ sont : F 58°, 63° et 68° (C % 80,15, H % 11,05, trouvé, pour C % 80, H % 11,11 calculé).

Les masses moléculaires établies par cryoscopie et viscosité sont pour le dimère M = 360; les polymères ci-dessus M = 720; M = 900; M = 1080.

De même l'étude de dispersion réfractométrique ([2]) a confirmé que le dimère a pour degré de polymérisation : 2 et les polymères les degrés de polymérisation : 4; 5; 6.

Le dimère pourrait avoir la structure suivante :



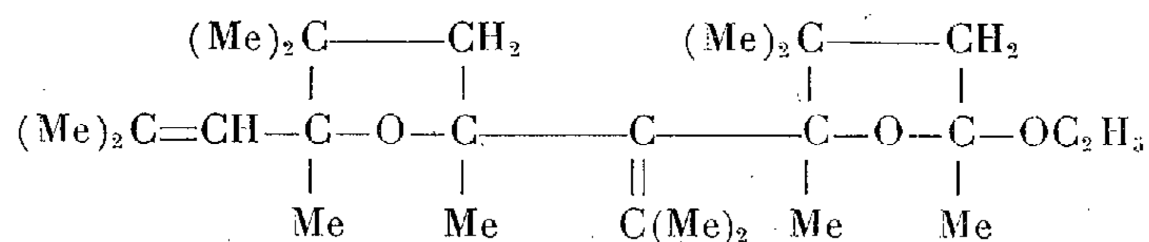
celle des polymères fera l'objet d'une Note prochaine.

La formule proposée a pu être confirmée par les résultats suivants pour le dimère $C_{24}H_{40}O_2$:

Ind. Iode : 192 pour 211 calculé; d_4^{19} : 0,935; n_D^{19} : 1,4908. R. M. : 110,7 pour 110,5 calculé; const. diélectrique : 4,51; le spectre Raman donne des raies éthyléniques de longueur d'onde 1676 à 1686 cm^{-1} comme pour le monomère.

L'oximation révèle la présence d'un seul noyau dihydrofurannique par dosage de l'hydroxylamine ayant réagi ([3]), ([4]).

L'addition d'alcool éthylique se fait seulement sur le noyau dihydrofurannique, on obtient un corps de formule brute $C_{26}H_{46}O_3$



$É_{0,1}$ 145°; const. diélectrique : 4,27; $n_D^{19} = 1,4807$ (H % 11,30, C % 76,69 trouvé, pour H % 11,30, C % 76,80 calculé).

L'ozonisation suivie d'hydrolyse donne pour une molécule de dimère :

1° Une molécule d'acide acétique caractérisée par son acétanilide (Rdt 66 %), F 112°.

2° Deux molécules d'acétone caractérisée par sa dinitro-phénylhydrazone (Rdt 60 %) F 124°; H % 4,68, C % 45,70, N % 23,53).

([2]) G. AUSTERWEIL et WETTLY, *Bull. Soc. Chim.*, 1950, p. 1125.

([3]) GRIGNARD, *Chimie organique*, 18, p. 103.

([4]) DESSEIGNE, *Bull. Soc. Chim.*, 1945, p. 967.

CHIMIE ORGANIQUE. — *Hydrogénation catalytique des acides furylacrylique et furylacryliques substitués en α au moyen du nickel de Raney.* Note de Mlle **Paulette Lambert** et M. **Pierre Mastagli**, présentée par M. Marcel Delépine.

Les auteurs ont étudié l'hydrogénation au moyen du nickel de Raney, de quelques acides furylacryliques substitués en α et des esters correspondants.

Dans un précédent travail ([1]) nous avons étudié l'hydrogénation au moyen du nickel de Raney des acides cinnamiques substitués en α.

Nous avons étendu ces travaux aux acides furylacrylique et furylacryliques substitués en α.

Tous les auteurs ([2]) qui ont hydrogéné ces acides par le palladium ou le nickel de Raney ont à la fois hydrogéné la chaîne latérale et le noyau; nous avons essayé de faire une hydrogénation sélective et avons obtenu les corps suivants :

Acide furylpropionique : F 54°,5.

Produit cristallisé dont les constantes sont déjà connues. Baeyer l'avait déjà obtenu en hydrogénant l'acide furylacrylique par l'amalgame de sodium.

Nous l'avons obtenu par hydrogénation de l'acide furylacrylique en présence de nickel de Raney pendant 45 mn à 60° et avec 50 kg de pression en solution sodique. L'acide est ensuite régénéré par l'acide chlorhydrique dilué.

Furylpropionate d'éthyle : É 212°; n_D^{18} 1,454.

Ce corps a déjà été obtenu par estérification de l'acide précédent.

Nous l'avons obtenu par hydrogénation du furylacrylate d'éthyle en présence de nickel de Raney pendant 4 h à température ambiante et avec 50 kg de pression.

Acide tétrahydrofurylpropionique : É 263°; n_D^{12} 1,464.

Cet acide a déjà été obtenu par les auteurs qui ont hydrogéné catalytiquement l'acide furylacrylique ([2]) à 100° et 70 kg de pression.

Tétrahydrofurylpropionate d'éthyle : É 221-222°; $n_D^{20} = 1,440$.

Cet ester a également été obtenu par les auteurs qui ont travaillé sur ces hydrogénations.

Tétrahydro α-méthylfurylpropionate d'éthyle : $É_{18}$ 110°; $n_D^{17,5} = 1,442$.

Analyse. — Trouvé %, C 65,07; H 9,80; calculé pour $C_{10}H_{18}O_3$, C 64,51; H 9,67.

([1]) P. Mastagli et P. Lambert, *Comptes rendus*, **233**, 1951, p. 751.

([2]) Windaus et Dalmer, *Ber. d. chem. Ges.*, **53**, 1920, p. 2304; R. Paul, *Comptes rendus*, **208**, 1939, p. 360; R. Paul et G. Hilly, *Comptes rendus*, **208**, 1939, p. 360.

Cet ester a été obtenu par hydrogénation de l'α-méthylfurylacrylate d'éthyle en solution dans l'alcool éthylique en présence de nickel de Raney pendant 1 h 30 à 80° et 100 kg de pression.

Acide α-phénylfurylpropionique : F 95,5°.

Analyse. — Trouvé %, C 71,86; H 5,76; calculé pour $C_{13}H_{12}O_3$, C 72,22; H 5,55.

Cet acide a été obtenu par hydrogénation de l'acide α-phénylfurylacrylique en solution sodique en présence de nickel de Raney pendant 15 mn à 35° et 50 kg de pression.

Tétrahydro α-phénylfurylpropionate d'éthyle : É 182°; $n_{16}^{D} = 1,511$.

Analyse. — Trouvé %, C 72,16; H 7,88; calculé pour $C_{15}H_{20}O_3$, C 72,58; H 8,06.

Cet ester a été obtenu par hydrogénation de l'α-phénylfurylacrylate d'éthyle en solution dans l'alcool éthylique en présence de nickel de Raney pendant 15 mn à 50° et avec 50 kg de pression.

Ceci nous a amenés à faire plusieurs remarques :

— L'hydrogénation des corps possédant le noyau furanique semble beaucoup plus facile que celle des composés correspondants à noyau benzénique.

— Les radicaux fixés sur les chaînes latérales semblent influer sur la vitesse d'hydrogénation, que l'on soit en présence de l'un ou l'autre noyau.

C'est ainsi que le cinnamate d'éthyle est hydrogéné en dihydrocinnamate d'éthyle à la température ambiante pendant 4 h sous 70 kg de pression, alors que le furylacrylate d'éthyle à la même température et pendant le même temps l'est sous 50 kg.

De plus, le furylacrylate d'éthyle, comme il a été déjà mentionné [2] s'hydrogène en dérivé tétrahydrofurylpropionique sous 70 kg dès que l'on atteint 100°. Le cinnamate d'éthyle ne commençait à avoir son noyau benzénique saturé que sous 100 kg de pression et 250° de température.

— Enfin, il faut noter que l'hydrogénation du noyau furanique est plus facile lorsque la fonction carboxyle est bloquée sous forme d'ester que sous forme de sel de sodium. En effet, dans les mêmes conditions de température et de pression, les esters éthyliques ont leurs noyaux saturés, tandis que les acides hydrogénés en solution sodique ont seulement leurs chaînes saturées. C'est le cas de l'acide α-phénylfurylpropionique hydrogéné sous forme de sel de sodium à 35° pendant 15 mn avec 50 kg de pression. Par contre, l'α-phénylfurylacrylate d'éthyle hydrogéné pendant 15 mn à 50° avec 50 kg de pression se transforme en tétrahydro α-phénylfurylpropionate d'éthyle.

Pour les dérivés cinnamiques précédemment étudiés [1], les esters éthyliques semblaient déjà s'hydrogéner plus facilement que les acides.

PHYSIOLOGIE VÉGÉTALE. — *Sur le métabolisme glucidique des Champignons supérieurs.* III. *Le fructose, glucide intermédiaire du métabolisme du mannitol chez* Agaricus campester *(Fr.) variété* bispora. Note (*) de M. **Marcel Quillet** et Mlle **Gilberte Legrand**, présentée par M. Raoul Combes.

L'analyse chromatographique du réducteur qui apparaît dans les asphyxies du Champignon par HCN ou $CHCl_3$ gazeux montre qu'il est formé en majeure partie de glucose et de fructose. Ce sont là les termes de transition du glycogène au mannitol dans les champignons empoisonnés et vraisemblablement dans les champignons normaux.

Lorsqu'on traite par l'acide cyanhydrique ou par le chloroforme gazeux des champignons de couche séparés de leur substrat, on fait apparaître 5 à 6 % de réducteur ([1]). La chromatographie de partage sur papier nous a permis d'en analyser la nature. Il s'agit d'un mélange de glucides à petite molécule où dominent franchement le glucose et le fructose auxquels se mêle une petite quantité de xylose, d'arabinose et de rhamnose.

Le solvant commode pour tous ces oses est le mélange classique acétate d'éthyle-butanol saturé d'eau.

Le glucose, le xylose, l'arabinose et le rhamnose donnent avec le phtalate d'aniline des taches de Rf et de couleur caractéristiques. Le fructose doit être révélé par le réactif à l'urée

Pentoses et méthyl-pentose correspondent vraisemblablement à un commencement d'hydrolyse des membranes. Beaucoup plus significative est la présence de glucose et de fructose dont la quantité globale équivaut sensiblement à la différence entre le glycogène disparu et le mannitol accumulé pendant l'asphyxie.

On a signalé déjà combien il était rare de trouver du réducteur dans des champignons frais, et, lorsqu'il y en a, c'est généralement dans des champignons partiellement desséchés. Celui qui apparaît dans nos conditions d'expérience correspond manifestement à un déséquilibre grave du métabolisme : glycogénolyse accélérée par le trouble de la perméabilité cellulaire dû à nos poisons et paralysie partielle par leurs inhibiteurs classiques des oxydases et déshydrogénases qui devaient utiliser les produits d'hydrolyse.

Les sucres qui s'accumulent dans ces conditions sont très vraisemblablement les termes de passage entre le polyose et le polyalcool, surtout lorsque l'oxydation du mannitol est bloquée.

Il était à prévoir que du glucose résulterait de l'hydrolyse du glycogène.

(*) Séance du 25 août 1952.

([1]) *Comptes rendus*, 235, 1952, p. 311.

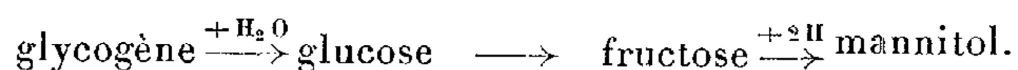
Il est fort intéressant de constater que le fructose l'accompagne; il provient à n'en pas douter d'une transformation énolique enzymatique et constitue dans nos expériences jusqu'à 30 % *du réducteur total.* (Évaluation par dosage sélectif d'Ost après nous être assurés que le xylose, l'arabinose et le rhamnose ne donnaient rien à la concentration de nos extraits.) Le fructose est un chaînon très naturel vers la production du mannitol; c'est lui qui intervient dans la fermentation mannitique des vins; c'est lui qui résulte de l'oxydation du mannitol par la bactérie du sorbose. Le fructose joue aisément, en effet, le rôle d'accepteur d'hydrogène par son carbone cétonique comme il peut être le premier terme de l'oxydation du mannitol en respiration anaérobie. Sans doute a-t-il cette double fonction dans nos champignons suivant les conditions du milieu.

La comparaison du comportement dans l'azote, HCN, $CHCl_3$ et l'air humide permet de nous faire dès maintenant, nous semble-t-il, une idée assez précise de ce qui se passe dans l'Agaric asphyxié et, par extrapolation, d'imaginer les termes de son métabolisme normal.

Dans l'azote où l'on ne trouve pas de réducteur et où l'augmentation du mannitol correspond à peu près à la diminution du glycogène, glucose et fructose produits sont transformés intégralement en mannitol. Puisqu'il n'y a pas de traces de réducteur, il faut admettre aussi que, dans ces conditions, le mannitol ne se transforme pas lui-même en sucre ou que, si une telle oxydation anaérobie se produit, elle est suivie immédiatement d'une autre qui détruit le fructose.

Dans l'acide cyanhydrique où l'oxydation aérobie est également inhibée, le comportemement du champignon doit être le même que dans l'azote, à cette particularité près que l'hydrolyse du glycogène et sa transformation énolique sont accélérées par la libération des enzymes, ce qui permet l'accumulation du réducteur.

Dans le chloroforme, l'oxydation aérobie du mannitol peut jouer en même temps que le processus accéléré d'hydrolyse et d'énolisation. Le taux du mannitol, produit et détruit en même temps, ne présente que de légères variations. Mais à cause de l'oxydation la somme totale des constituants glucidiques baisse sensiblement. En bref, dans *Agaricus campester*, le mannitol paraît lié au glycogène par une chaîne comprenant le glucose et le fructose, et sur laquelle interviennent à différents stades les inhibiteurs essayés. Cette chaîne pourra être représentée par le schéma suivant :



$$\text{glycogène} \xrightarrow{+H_2O} \text{glucose} \longrightarrow \text{fructose} \xrightarrow{+2H} \text{mannitol.}$$

Un tel processus suppose l'existence d'une hydrolase, d'une énolase et d'une déshydrase à isoler.

MORPHOLOGIE CAUSALE. — *Les levées d'inhibition de la base des pousses de* Cicer arietinum *L.* Note de M. **Paul Champagnat**, présentée par M. Raoul Combes.

La ramification basilaire des pousses de pois-chiche est déterminée par les caractères spéciaux des bourgeons en cause (présence dès la graine, volume précocement considérable, pouvoir d'exercer des inhibitions acropètes). Elle requiert aussi, au moment voulu, une vitesse de croissance suffisante de l'épicotyle. L'atténuation vers le bas des actions hormonales émanant du sommet peut donc, seule, en rendre compte.

Les pousses de *Cicer arietinum* présentent, en plus des départs de bourgeons localisés sur leur partie moyenne (¹), des levées d'inhibition au voisinage du sol. De telles ramifications basilaires sont fréquentes chez les plantes herbacées, notamment chez les Légumineuses (*Pisum*, *Vicia*, *Lens*). Elles se différencient nettement des croissances axillaires étudiées précédemment (¹) par leur apparition tardive : leur allongement ne commence qu'à une grande distance du sommet. Par exemple, sur des pois-chiche cultivés sur terreau, cette distance a varié, en 1951 et 1952, entre 6 et 10 cm. Les théories classiques des corrélations d'inhibition ont permis de donner de ces faits une explication apparemment satisfaisante : l'auxine produite par les très jeunes feuilles et circulant en direction basipète, se raréfierait à mesure que l'on s'éloigne des centres apicaux (²). Les bourgeons d'abord inhibés dans la zone des concentrations élevées se développeraient ensuite lorsque des doses moins fortes leur parviendraient. Je me propose de montrer ici que *la réalité n'est pas aussi simple.*

1. On remarque d'abord que les bourgeons de base ne se développent pas toujours : c'est le cas des plantes cultivées sur terre de jardin. Elles croissent, fleurissent, fructifient cependant de façon normale puisque ces conditions sont celles de la culture habituelle du pois-chiche.

Au contraire, après semis sur terreau de feuilles, les ramifications basilaires sont de règle : par exemple sur 100 plantes prises au hasard, j'en ai compté 215, alors que, dans la population témoin sur terre de jardin, j'en notais seulement 39. De plus, pendant les neuf jours qui ont coïncidé avec l'apparition des levées d'inhibition, les croissances moyennes des épicotyles avaient été respectivement de 51,5 et 36,5 mm. Les bourgeons de base des plantes cultivées sur terre de jardin *sont donc soumis à des corrélations d'inhibition que des allongements épicotylaires assez rapides*

(¹) *Comptes rendus*, **235**, 1952, p. 389.

(²) La généralité de cette raréfaction progressive de l'hormone de croissance à partir des centres producteurs est d'ailleurs loin d'être démontrée.

permettent de lever. En d'autres termes, nous sommes, une fois encore, en présence du *lien entre croissance intense et ramification abondante,* lien qui est peu favorable à l'idée d'un déterminisme auxinique simple ([3]).

2. Mais quelle que soit l'importance relative de l'auxine et des vitesses de croissance, il faut noter, de plus, que *ces bourgeons de base se distinguent très précocement de tous les autres* :

a. Ils sont préformés dans la graine : ils appartiennent uniquement aux deux préfeuilles et aux deux premières feuilles. C'est entre la deuxième et la troisième feuille que l'on observe, en effet, un passage brutal entre les axillaires développés et les bourgeons totalement inhibés. Or, j'ai pu vérifier, par de multiples dissections, que cette localisation correspond exactement aux organes préformés dans la gemmule de la graine. Au contraire, les inhibitions intéressent les bourgeons des premières feuilles néoformées au cours de la germination.

b. Leur volume initial est considérable : sur les jeunes plantules, à un moment où aucun allongement axillaire n'est encore décelable, les bourgeons préformés sont beaucoup plus gros que les néoformés, et ceci à une même distance du sommet. Ainsi, à 4 cm de l'apex, les axillaires de la préfeuille supérieure mesurent 2,5 mm $\pm$ 0,28 ([4]) contre 1,1 mm $\pm$ 0,014 pour ceux de la troisième feuille [moyenne de 50 plantes, observations faites sur le même semis (terreau) que précédemment]. Nous retrouvons donc les liens étroits entre la taille des bourgeons au moment où s'amorce leur croissance en longueur et la tendance à l'inhibition ([1]), ([3]). Snow, dans des travaux récents ([5]), ([6]), a également insisté sur cette idée, mais dans un domaine quelque peu différent (rapports entre le plagiotropisme et l'inhibition).

c. Ils ont le pouvoir d'inhiber les axillaires plus élevés. — En effet, si on les supprime, on réussit toujours à provoquer des croissances à l'aisselle des troisièmes à cinquièmes paires des feuilles. Cette intéressante *inhibition acropète* vient donc accroître les différences préexistant entre les deux catégories de bourgeons en maintenant les néoformés à l'état d'ébauches minuscules. Elle est encore à l'étude.

Pour conclure, il faut souligner que ces levées d'inhibition, si elles sont dues, en grande partie, au caractère privilégié des quatre bourgeons de base, *présentent des caractères communs avec les développements prématurés, axillaires, de la partie moyenne des pousses.* Ce sont :

([3]) P. Champagnat, *Thèse Sc.*, Strasbourg, 1952 (non encore imprimée).
([4]) Écart type sur la moyenne (erreur à craindre).
([5]) *New Phytol.*, 44, 1945, p. 110.
([6]) *New Phytol.*, 46, 1947, p. 254.

1° les relations étroites qui existent entre la taille relative des bourgeons et leur tendance à l'inhibition;

2° la « vigueur » [mesurée provisoirement par une vitesse de croissance (7)] qui provoque, en dernier ressort, le développement des axillaires en présence du sommet.

ÉCOLOGIE. — *Caractéristiques et évolution de la végétation d'un étang des Pyrénées-Orientales*. Note de MM. **Georges Petit** et **Anwar Abbel Aleem**, transmise par M. Pierre-P. Grassé.

Nos connaissances sur la végétation des milieux saumâtres du littoral méditerranéen français demeurent encore très fragmentaires. A défaut d'une vue d'ensemble, qui sera le fruit d'investigations de longue haleine, il nous a paru utile de faire connaître les caractères de la végétation d'un étang des Pyrénées-Orientales et l'évolution qu'elle nous offre présentement.

Il s'agit de l'étang du Canet (ou de Saint-Nazaire) dont l'étendue, considérablement et progressivement restreinte au cours des 50 dernières années, peut s'évaluer à environ 760 ha.

Les fonds vaseux ou vaso-sableux atteignent une profondeur maxima comprise entre 1,40 m et 1,80 m. En été, dans les vingt premiers centimètres, s'y manifeste l'action des Bactéries anaérobies productrices d'H_2S (1). Le lit d'un petit fleuve, le Réart, qui aboutit à l'étang, est resté à sec de 1940 à 1951. Par contre, un canal d'irrigation, l'Agouille-à-la-Mer, apporte ses eaux d'une manière permanente. Le « Grau » est du type intermittent; il est ouvert surtout par l'Homme quand il s'agit d'évacuer dans la mer les eaux envahissant les cultures riveraines. Parmi les facteurs écologiques qui influencent la végétation, la salinité joue un grand rôle. Variable dans l'ensemble, elle est surtout élevée pour les eaux peu profondes de l'Ouest.

En 1951, les pluies exceptionnelles et l'extension prise par les rivières ont amené un abaissement net de la salinité (chlorinité passée de 15,3 à 6,9 $^0/_{00}$ dans certaines stations, entre 1950 et 1951). La modification brusque d'un tel facteur a amené de notables changements dans le peuplement végétal de l'étang. Par exemple, *Potamogeton pectinatus* a envahi tout récemment de larges étendues du substratum et l'espèce entre en concurrence avec *Ruppia maritima*, *Zostera nana* et *Z. marina*.

Çà et là, sur les fonds, des zones plus claires, cernées par les herbiers de *Ruppia* et de *Potamogeton* semblent dues à la disparition, sans doute de nature pathologique, des Zostères. Il faut noter encore, sur une partie du pourtour de l'étang des peuplements,

(7) Les vitesses de croissance nécessaires pour provoquer ces levées d'inhibition sont beaucoup plus faibles que celles qui coïncident avec la ramification de la zone moyenne des pousses, mais on peut comprendre ce fait en soulignant que, du fait de la préformation des bourgeons, leur allongement reste seul sous la dépendance des méristèmes apicaux. Dans le cas précédent, ces méristèmes devaient, en plus, assurer la formation et le gonflement précoce des axillaires.

(1) J. Senez, *Vie et Milieu*, 2, 1951, p. 31.

assez chétifs, de *Phragmites communis*. En certains endroits, ils s'intriquent avec *Scirpus maritimus* pour céder entièrement, mais localement, la place à un peuplement pur de cette espèce.

L'étude de la végétation algale, entreprise systématiquement, présente un intérêt dont les quelques espèces citées ci-dessous permettent d'avoir un aperçu :

Les *Chlorophycées* sont représentées notamment par *Ulva lactuca, Enteromorpha intestinalis, E. crinita, Cladophora expansa* et aussi *Cl. fracta*, espèce d'eau douce ou légèrement salée, sans doute apparue depuis peu. *Chætomorpha linum* se présente sous forme d'énormes masses flottantes. Notons comme endophytes sur les *Cladophora*, les *Chætomorpha*, les *Ceramium, Endoderma viride* et *Phæophila dendroides*.

Enfin, l'introduction toute récente, dans les eaux du Canet, d'une nouvelle espèce de *Spirogyra* (*S. subsalina*) étudiée par l'un de nous [2], doit être attribuée à l'abaissement de la salinité, ce que confirme l'étude de cette espèce en culture.

Parmi les *Phéophycées*, avec *Ectocarpus siliculosus*, surtout abondant au printemps, signalons une espèce remarquable, connue de la Baltique, nouvelle pour la Méditerranée : *Desmotrichum balticum* Kütz (= *scopulorum* Reinke), qui, en hiver, dans l'étang du Canet, vit en épiphyte sur les feuilles de *Potamogeton* et de *Ruppia*. Cette espèce disparaît vers la fin mars, quand la température s'élève.

Les *Rhodophycées*, plus sensibles aux changements de salinité, sont en nette régression dans l'étang. *Lophosiphonia subadunca* var., répandue en plusieurs stations en 1950, est devenue rare en 1952. *Ceramium diaphanum* a considérablement régressé en avril-mai 1952, comme *C. tenuissimum. Chondria tenuissima*, plus fréquent que les *Ceramium* en 1949 et 1950, s'est raréfié en 1951 et a pratiquement disparu en 1952.

L'étude des microphytes entraîne d'intéressantes constatations, en dehors des Diatomées et des Péridiniens, que nous ne pouvons considérer ici. Les *Cyanophycées* manifestent une grande euryhalinité. Une association à *Lyngbya æstuari* et *Microcoleus chthonoplastes* s'étend largement sur la vase dans la zone Ouest, et peut même subsister, après évaporation de l'eau, sur le substratum humide. Parmi d'autres Cyanophycées, qui se trouvent mélangées à des Algues ou sont libres dans le plancton, d'ailleurs toujours pauvre, citons : *Anabena variabilis, Oscillatoria limosa, Phormidium* sp., *Nodularia spumigena, Merismopedia glauca*.

A partir de mars, on assiste, dans l'étang, à un énorme développement de la végétation, surtout dans les parties les moins profondes où dominent

---

([2]) A. A. Aleem (*in litt.*) et *Comptes rendus*, 234, 1951, p. 2648.

Chætomorpha, Ulva, Enteromorpha, Spirogyra et Zostères, et où se révèle tout un jeu de compétitions interspécifiques. Le pollen des *Ruppia* s'accumule en vastes nappes soufrées, mais leur floraison se prolonge jusqu'en juin et, parfois, jusqu'en juillet (1951).

Dès juin, en général, s'amasse par tonnes, flottant en surface ou rejetée sur les bords, cette végétation libérée par le vent. Déjà la disparition complète de certaines espèces avait été facilitée par l'attaque de Champignons parasites. Le processus de décomposition, activé par la mise en jeu d'une flore bactérienne cellulolytique abondante, se produit jusqu'en août-septembre. La surface est dégagée, comme une grande partie des fonds. L'eau, jusqu'alors de couleur brune, devient plus claire. Ainsi s'achève une partie du cycle biologique de l'étang, au cours de laquelle des quantités considérables de nitrates et de phosphates ont été libérées et qui constitue, pour la vie dans cette étendue saumâtre, la phase essentielle.

BIOCHIMIE. — *Sur la cyclisation du β-hydroxy-farnesylacétate d'éthyle* (1). Note de Mme **Cécile Collin-Asselineau**, transmise par M. Jacques Duclaux.

La cyclisation par l'acide formique du β-hydroxy-farnésylacétate d'éthyle (III *a*) ou (III *b*) donne naissance à un ester bicyclique pour lequel nous envisageons la formule (V). Après saponification et lactonisation, nous obtenons une lactone $C_{17}H_{26}O_2$ F 125° qui pourrait avoir la formule (VIII).

Par cyclisation, en milieu acide, de sesquiterpènes ou sesquiterpénoïdes aliphatiques, deux composés bicycliques ont été jusqu'ici obtenus : l'hexahydrocadalène [dérivé du cadalène (I)] à partir du farnésol (2), et des substances contenant le squelette de la tétraméthyl-1.1.6.10 décaline (II) : semicarbazone de tétraméthyl-2.5.5.9 hexahydro-5.6.7.8.9.10 naphtaldéhyde-1 à partir de la semicarbazone du ψ-ionylidèneacétaldéhyde (3); acide bicyclofarnésique à partir de l'acide farnésique (4); bicyclofarnésylidène-acétone à partir de la farnésylidène-acétone (5); semicarbazone du bicyclofarnésal à partir de la semicarbazone du farnésal (6); ambréinolide à partir de l'acide farnésylacétique (7); acide allobicyclofarnésique à partir de l'acide farnésique (8)].

---

(1) XVe Communication sur la chimie de l'ambre gris; XIVe Comm., *voir* (7).

(2) L. Ruzicka et E. Capato, *Helv. Chim. Acta*, 8, 1925, p. 259.

(3) J. W. Batty, J. M. Heilbron et W. E. Jones, *J. Chem. Soc.*, 1939, p. 1549.

(4) A. Caliezi et H. Schinz, *Helv. Chim. Acta*, 32, 1949, p. 2556.

(5) F. Zobrist et H. Schinz, *Helv. Chim. Acta*, 32, 1949, p. 1192; Y. R. Naves, *Helv. Chim. Acta*, 32, 1949, p. 1802.

(6) M. Stoll et A. Commarmont, *Helv. Chim. Acta*, 32, 1949, p. 1836.

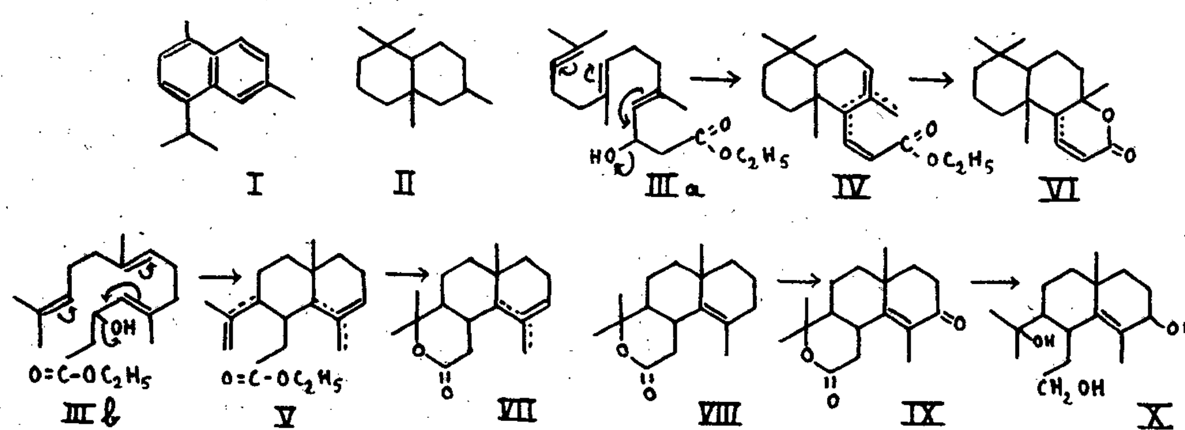
(7) P. Dietrich et E. Lederer, *Helv. Chim. Acta*, 35, 1952, p. 1148.

(8) A. Caliezi et H. Schinz, *Helv. Chim. Acta*, 35, 1952, p. 1148.

Dans un exposé récent sur la théorie de ces cyclisations, Schinz (9) remarque que ces deux types de composés se forment souvent dans les mêmes conditions, et peuvent être obtenus ensemble.

La cyclisation du β-hydroxy-farnésylacétate d'éthyle (III *a*) et (III *b*) doit théoriquement pouvoir conduire aussi bien à des composés bicycliques des deux types déjà mentionnés qu'à un autre type (IV) contenant le squelette du sélinène (10).

Le farnésal, condensé avec le bromacétate d'éthyle selon Reformatzky, fournit après distillation une huile jaune pâle, $É_{0,3}$ 172-175°; d_4^{15} 0,939; n_D^{15} 1,4927; par suite de décomposition, la distillation ne permet pas une bonne purification, et laisse 60 % de résines indistillables.



Les formules à traits pointillés représentent des mélanges d'isomères, les traits pointillés indiquant des emplacements possibles pour les doubles liaisons.

Sous l'action de l'acide formique à l'ébullition (2), (4), (5), (7), le produit brut de condensation du farnésal avec le bromacétate d'éthyle (III*a*) et (III*b*) fournit, après distillation, 70 % d'un mélange d'esters déshydratés [par exemple (IV) et (V)] et hydroxylés; leur déshydratation totale donne un mélange d'esters bicycliques isomères : $É_{0,1}$ 110-130°; d_4^{19} 0,977; n_D^{19} 1,4939; R. M. 86,38; trouvé %, C 78,28; H 10,25 [calculé pour $C_{19}H_{30}O_2$ (deux doubles liaisons) : R. M. 86,27; C 78,57; H 10,41 %)]. Le spectre ultraviolet de ces esters indique qu'il s'agit de mélanges (plusieurs maxima entre 215 et 300 mμ). Ni la distillation, ni la chromatographie, n'ont permis d'isoler de produits définis. La nature bicyclique de ces substances ressort de leur réfraction moléculaire et de l'hydrogénation quantitative (absorption de 1,7 mol d'hydrogène par molécule d'ester).

Par saponification du mélange d'esters isomères, nous avons obtenu une fraction acide huileuse (P. M. par titrage, 265; calculé pour $C_{17}H_{26}O_2$, 262) qui est soumise à la lactonisation par l'acide formique à l'ébullition. Nous avons ainsi obtenu 50 % de fraction lactonique [par exemple (VI) et (VII)], d'où ont été isolés par saponification et relactonisation fractionnées :

(9) *Chimia*, 5, 1951, p. 107.

(10) Il existe dans la nature plusieurs représentants de ce type.

1° un mélange huileux de lactones (Rdt 50 % de la fraction lactonique); $É_{0,1}$ 150°; d_4^{18} 1,010; n_D^{18} 1,5130; trouvé %, C 77,61; H 9,98; $C_{17}H_{26}O_2$ calculé %, C 77,82; H 9,99;

2° une lactone F 125° (Rdt 10 %); trouvé %, C 77,81; H 10,08;

3° une fraction acide non relactonisable spontanément (Rdt 30 %), d'où l'on sépare un hydroxy-acide F 185°; trouvé %, C 72,64; H 10,13; H mobile 0,71; $C_{17}H_{28}O_3$ calculé %, C 72,82; H 10,07; H mobile 0,35.

Parmi les produits isolés, seule la *lactone* F 125°, $C_{17}H_{26}O_2$ a été étudiée jusqu'à présent. Nous exposons ci-après les raisons qui nous permettent d'envisager la formule (VIII). Cette lactone possède une double liaison qui résiste à l'hydrogénation catalytique (en présence de nickel Raney ou de PtO_2 à 100° sous 100 kg d'hydrogène) et ne donne qu'une très faible coloration avec le tétranitrométhane. Mais son existence est prouvée par la formation, par action de l'acide perbenzoïque, d'un *époxyde* F 202° (trouvé %, C 73,38; H 9,56; pas de H mobile; $C_{17}H_{26}O_3$ calculé %, C 73,34; H 9,41) et par l'oxydation chromique de la lactone, qui donne, à côté du même époxyde F 202°, une *cétone* αβ insaturée F 187° (IX?) (λ_{max} 247 mμ; ε = 14 000); (trouvé %, C 73,91, H 8,69; $C_{17}H_{24}O_3$ calculé %, C 73,88; H 8,75). La réaction de Legal, spécifique des lactones insaturées dans le cycle lactonique est négative. Le spectre ultraviolet ne présente aucun maximum entre 215 et 320 mμ, ce qui exclut la conjugaison de la double liaison avec le carboxyle. D'après le spectre infrarouge, il s'agit d'une δ lactone (bande à 5,8 μ) possédant une double liaison tétrasubstituée. Après ozonisation, la fraction neutre brute donne avec l'hypobromite la réaction caractéristique des méthylcétones [11]. La réduction par $LiAlH_4$ de la cétolactone F 187° fournit un triol F 116° (X?), (trouvé %, C 72,19; H 10,61; H mobile 0,94; $C_{17}H_{30}O_3$ calculé %, C 72,30; H 10,71; H mobile 0,36). L'oxydation périodique laisse ce triol inchangé, montrant l'absence de fonction glycol-1.2.

L'ensemble des propriétés de la lactone F 125° est incompatible avec une formule du type (VI), alors que la formule (VIII) n'est en contradiction avec aucune de ces propriétés.

La séance est levée à 15 h 35 m.

L. B.

---

[11] J. Adachi, *Anal. Chem.*, 23, 1951, p. 1491.

ACADÉMIE DES SCIENCES.

SÉANCE DU LUNDI 29 SEPTEMBRE 1952.

PRÉSIDENCE DE M. MAURICE CAULLERY.

MÉMOIRES ET COMMUNICATIONS

DES MEMBRES ET DES CORRESPONDANTS DE L'ACADÉMIE.

M. le **PRÉSIDENT** s'exprime en ces termes :

C'est avec une profonde mélancolie que j'accomplis aujourd'hui la tâche d'enregistrer la perte que l'Académie vient de faire en la personne de notre confrère **CHARLES PÉREZ**, décédé à Paris, lundi dernier 22 septembre. J'étais son ami depuis de longues années et nos carrières avaient été étroitement associées, à la fois par le souvenir de notre commun Maître Alfred Giard et l'ambiance de la Station Zoologique de Wimereux et par nos relations familiales, resserrées par le mariage de Ch. Pérez, qui avait fait de lui le neveu de notre commun et éminent ami, ancien correspondant de l'Académie, Paul Pelseneer, lui aussi membre de la grande famille Wimereusienne.

Charles Pérez était né le 19 mai 1873 à Bordeaux. Il était le fils aîné de notre ancien correspondant Jean Pérez (1833-1914), qui a été un des zoologistes notoires de sa génération et a longtemps occupé la chaire de Zoologie de la Faculté des Sciences de Bordeaux. C'est au contact de son père que Ch. Pérez s'est orienté vers l'étude des sciences naturelles. Entré à l'École Normale supérieure en 1895, il n'avait pas tardé à manifester ses solides qualités de chercheur par sa thèse de doctorat ès sciences, sur la métamorphose des Fourmis (1902). L'ambiance de la station de Wimereux l'avait presque immédiatement conduit à participer, avec notre commun ami Jules Bonnier, à la croisière du yacht belge la *Selika* dans le golfe Persique, où tous deux récoltèrent des matériaux considérables et intéressants. Dès 1902, il succédait à son père dans la Chaire de Zoologie de Bordeaux et, en 1909, il revenait à Paris en qualité de maître de conférences attaché à la Chaire d'Évolution des Êtres Organisés, dont j'étais

moi-même le titulaire. J'ai été ainsi bien placé pour apprécier ses qualités dans l'enseignement et dans la recherche. Son étape suivante fut l'enseignement de la Zoologie à l'École Normale et, en 1921, il succédait à Yves Delage dans la Chaire de Zoologie de la Faculté des Sciences, avec la direction de la Station Zoologique de Roscoff; il a rempli ses fonctions avec un indiscutable succès jusqu'à sa retraite en 1943. L'Académie lui avait ouvert ses portes, le 2 décembre 1935, après lui avoir attribué, en 1901, le Prix Savigny (pour ses travaux à bord de la *Selika*) et, en 1926, le Prix Serres pour l'ensemble de ses recherches d'Embryologie générale. Il avait reçu aussi de diverses Académies et Sociétés scientifiques étrangères des distinctions diverses et il était notamment Membre associé de l'Académie Royale de Belgique et de l'Académie Polonaise des Sciences et des Lettres.

Dans ses fonctions diverses, Ch. Pérez s'est signalé par la clarté de son enseignement et par les belles recherches qu'il a su mener à bien. Il a, en outre, formé une série d'élèves, français ou étrangers, dont certains lui ont succédé dans les postes qu'il avait précédemment occupés.

L'œuvre zoologique de Ch. Pérez est considérable et variée et je ne puis songer à en faire une analyse exhaustive. Je me contenterai donc d'en évoquer certains aspects et d'en indiquer les tendances. On y trouve toujours associés la préoccupation des lois générales de la Biologie et le souci de l'observation précise des faits particuliers.

C'est ce que l'on constate déjà dans sa thèse de doctorat sur la métamorphose des fourmis, où, guidé par la notion de phagocytose, introduite par El. Metchnikoff, il a su montrer le rôle important des phagocytes dans l'élimination des tissus et organes propres à la larve, et où il a discerné nettement les mécanismes de l'édification des tissus de l'adulte.

Les divers résultats ainsi obtenus ont ensuite été retrouvés par lui (et par ses élèves) dans d'autres types d'Insectes (guêpes, mouches) et dans d'autres groupes du règne animal. Ce sont les travaux de cet ordre qui lui ont valu le prix Serres.

A ces mêmes tendances se rattachent ses recherches sur la genèse et la résorption physiologique des produits sexuels (développement des œufs chez une Hirudinée marine, le *Branchellion* de la Torpille, oogenèse des Tubulaires, des Drosophiles, etc.)

Par ailleurs, il a décrit un nombre important de Protozoaires appartenant à divers groupes et, en général, parasites [Coccidies, Microsporidies, Blastulidiun, Acinétiens (*Lernœophrya*) etc.]

Son champ de recherches essentiel a été la faune marine, à Arcachon, à Wimereux et à Roscoff, et, dans cette faune, son attention a été attirée surtout par les formes parasites et les actions biologiques du parasitisme. On lui doit ainsi la connaissance et l'étude du développement de nombreux

Épicarides (Crustacés Isopodes parasites d'autres Crustacés), où il continuait l'œuvre d'A. Giard et J. Bonnier. En même temps, il étudiait de façon très approfondie l'influence de ces parasites sur leurs hôtes et les modifications qu'ils déterminent dans leur morphologie, dans leur fonctionnement sexuel.

Je mentionnerai également ses belles recherches sur les Rhizocéphales Crustacés Cirripèdes parasites des Crustacés décapodes, particulièrement dégradés. Étendant les recherches fondamentales d'Yves Delage sur la Sacculine il a notamment étudié de façon approfondie les Rhizocéphales parasites des Pagures et spécialement les *Chlorogaster*, qui se manifestent toujours en groupes plus ou moins nombreux sur le même hôte. Il a montré qu'il s'agit là, non d'infections multiples, mais d'une multiplication par voie asexuée (bourgeonnement) d'un individu initial et il a étudié ce processus avec une remarquable précision, comme suffit à en témoigner son travail final publié dans les Mémoires de l'Académie.

On lui doit aussi la clarification de la nature d'un groupe assez énigmatique de Vers nématoïdes, trouvés jusque-là seulement à l'état de formes adultes nageant dans les eaux de surface de la mer, les *Nectonema*. Il a réussi à montrer que ce sont en réalité des Nématodes parasites de Crustacés tels que des Pagures et des Crabes et qui, arrivés à l'état adulte, sortent de l'hôte, pour mener une vie pélagique et se reproduire. Ces résultats ont été confirmés et étendus depuis par divers auteurs.

Ainsi se poursuivit de façon féconde sa carrière jusqu'à la retraite. Celle-ci hélas ! ne tarda pas à devenir pour lui un calvaire. Au printemps de 1944, un accident cérébral, insignifiant en apparence, le priva définitivement de la parole, mettant ainsi un terme brutal à sa vie active. Il put cependant continuer tout d'abord à fréquenter les milieux scientifiques, à penser et à s'intéresser aux problèmes auxquels il s'était précédemment consacré. Nous le vîmes ainsi assister longtemps régulièrement à nos séances. Mais cela lui devint ensuite impossible et voilà de longs mois que nous ne l'avions plus revu dans cette salle. Ses forces faiblissaient et il s'est ainsi peu à peu éteint, fournissant à ses amis un poignant motif de pitié et de tristesse. La mort a été pour lui une délivrance, mais nous ne saurions trop exprimer la compassion que nous avons éprouvée à son égard pendant ses années de souffrances, ni trop nous associer à la douleur qu'en a ressentie sa famille.

J'adresse donc, en votre nom, à Mme Ch. Pérez et à ses enfants, l'expression émue de notre vive sympathie et l'assurance que nous conserverons fidèlement le souvenir de ce distingué et aimable confrère, tel qu'il fut au cours de sa laborieuse et brillante carrière.

BIOLOGIE. — *Sur les variations individuelles. Vertitions (écarts) et anomalies.* Note de M. **François Grandjean.**

Soit un lot d'individus de la même espèce et de même âge, c'est-à-dire à la même stase [1], récoltés ensemble dans la nature ou obtenus par élevage et AB, une différence à la fois discontinue et idionymique, non sexuelle, entre les somas de ces individus. A et B sont deux caractères tels qu'un individu quelconque du lot, s'il n'a pas le caractère A, a le caractère B à la place de A. Nous admettons que les caractères aléatoires A et B sont parfaitement définis et se distinguent sans ambiguïté au premier coup d'œil. Ils ne sont pas susceptibles de degrés. Un des caractères peut être la présence d'un organe et l'autre l'absence de cet organe.

AB est une variation individuelle qui appartient vraisemblablement à la catégorie des écarts, ou à celle des anomalies, ou à celle des mutations. De quels critériums simples disposons-nous pour distinguer ces trois cas ?

Déterminons d'abord les fréquences de A et de B. Un individu donne lieu, en général, à deux observations, une à droite et une à gauche.

Vertitions (écarts). — Lorsque le caractère le moins fréquent n'est pas rarissime dans le lot (il peut suffire qu'on le rencontre deux fois) et lorsqu'il se présente d'une manière asymétrique, la variation AB est ce que j'appelle, depuis 1939, un *écart.*

Je propose de remplacer écart par *vertition.* Ce vocable nouveau est formé à partir de *vertere* (retourner, changer) comme le mot *mutation* à partir de *mutare.* Il pourrait être employé dans d'autres langues sans être traduit. Le mot écart n'a pas cet avantage essentiel et il est incommode à cause des sens divers qu'il a dans le langage courant.

Une vertition AB est un changement de A en B, ou de B en A, qui n'est pas accidentel bien qu'il soit soumis à ce que nous appelons le hasard, car il a une probabilité germinale d'avoir lieu. J'ai établi cela dans un cas très simple et frappant, celui d'un clone en parthénogenèse thélytoque, quand tous les individus comparés ont le même germen [2]. D'une génération à l'autre un individu n'hérite pas de A, ni de B. Il hérite d'une probabilité d'avoir A, et d'une autre d'avoir B, complémentaire.

Dans notre lot d'individus la probabilité a pour mesure approximative, bonne ou mauvaise selon l'importance et la nature du lot, la fréquence. Si celui des deux caractères A et B qui est le moins fréquent a néanmoins une fréquence notable, je dirai que la vertition est commune. Si les deux

---

(1) Toutes mes observations ont été faites sur des animaux à stases (des Acariens).

(2) *Comptes rendus,* 227, 1948, p. 658 et 879.

fréquences sont, au contraire, extrêmement inégales, l'une étant voisine de 1 et l'autre très petite, je dirai que la vertition est rare.

Une vertition est asymétrique. En ce qui la concerne, la droite et la gauche d'un individu sont indépendantes, ou presque. Si la vertition est commune, on doit donc trouver des individus de quatre sortes, les uns portant A à droite et B à gauche, d'autres B à droite et A à gauche, d'autres A des deux côtés et d'autres enfin B des deux côtés. On les trouve en effet. Il y a dissymétrie ou symétrie selon les individus.

En asymétrie parfaite, la probabilité de dissymétrie est $2p(1-p)$, p étant la probabilité d'existence, à droite ou à gauche, de l'un des deux caractères. Mes résultats, les fréquences remplaçant les probabilités, confirment, en gros, cette relation. Il arrive assez souvent toutefois que le nombre de dissymétries observé soit notablement plus petit que le nombre calculé, tandis que le cas inverse, qui devrait être aussi commun, est plus rare.

Une vertition est rarement particulière à l'animal que l'on étudie. Dans le phylum auquel appartient cet animal, pourvu que ce phylum soit riche et qu'on le connaisse très bien, on retrouve presque toujours la même vertition chez d'autres espèces, à la même stase ou à d'autres stases, avec d'autres fréquences pour A et B. On trouve aussi presque toujours dans ce phylum des espèces qui ne montrent pas la vertition, mais qui ont constamment le caractère A et d'autres espèces qui ont constamment le caractère B.

Ce sont là des faits de grande importance et la seule manière satisfaisante de les expliquer me paraît être de dire que les vertitions AB, à un niveau de l'ontogenèse, sont les manifestations actuelles d'une évolution de sens déterminé (c'est-à-dire d'une orthogenèse) qui tend à remplacer l'un des caractères par l'autre, à ce niveau ([3]). Dans un phylum, cette évolution agit fortement, ou faiblement, ou pas du tout, selon les espèces, les races, les lignées et selon le temps T phylogénétique. Si elle est terminée, l'un des caractères existe seul. Si elle n'a pas commencé, ou si elle n'a pas lieu, c'est l'autre caractère qui existe seul. Si elle a lieu au temps présent, les deux caractères coexistent et la fréquence de l'un d'eux, toujours du même, augmente dans le temps T (elle augmente trop lentement pour que nous puissions nous en apercevoir). Si elle s'arrête avant la fin, les deux caractères continuent de coexister et la vertition est permanente.

Anomalies. — Les anomalies sont asymétriques comme les vertitions.

([3]) En général, dans mes observations, A et B sont des présences ou des absences. C'est pourquoi j'ai dit que les écarts (les vertitions) sont révélateurs d'une évolution numérique des organes. Il s'agit d'organes idionymiques, bien entendu. Les variations de nombres d'organes en pléthotaxie ne sont pas des vertitions.

Elles en diffèrent parce qu'elles sont toujours très exceptionnelles et que le caractère anormal n'est jamais normal ailleurs, c'est-à-dire n'est jamais dans le phylum, chez aucune espèce, un caractère fréquent ou constant. Une anomalie diffère d'une vertition parce qu'elle est dépourvue de signification évolutive.

J'ai observé d'assez nombreuses anomalies, spécialement dans mes clones de *Platynothrus peltifer*. Aucune ne s'est transmise d'une génération à l'autre. Retrouver une anomalie dans ces générations n'est cependant pas impossible, car l'accident qui l'a causée, si fortuit qu'il soit, a des chances de se produire de nouveau.

Il y a des anomalies certaines qui sont des cas tératologiques, des monstruosités affectant une partie du corps. D'autres anomalies, non moins certaines et plus nombreuses, sont des malformations de petits organes, de poils par exemple, et l'on peut les utiliser pour résoudre des problèmes d'homologie ([4]).

Une anomalie est incertaine si elle risque d'être confondue avec une vertition rare. Un poil réduit très exceptionnellement à sa racine est un vestige de poil qui a sa place dans une orthogenèse régressive par vertition ou, au contraire, un poil accidentellement avorté. La même incertitude pèse sur des absences ou des présences de petits organes, sur le remplacement d'un organe par deux autres semblables, sur des changements d'implantation, sur de fortes différences de taille non accompagnées de déformation, etc.

Le critérium d'existence normale dans le phylum est le seul qui puisse être utilisé pour supprimer l'incertitude, mais il est loin d'être toujours crucial, ou même convaincant. Le critérium génétique est sans valeur parce que, si une vertition est très rare, il y a peu de chance d'en voir un seul cas dans la progéniture d'un individu quelconque. Elle se comporte exactement comme une anomalie de même rareté.

Mutations. — Les mutations sont symétriques. Or, dans mes clones, aucune anomalie certaine ne l'était et la quasi-totalité des anomalies incertaines, ou des vertitions rares, ne l'était pas non plus. J'ai rencontré cependant des exceptions. En voici une à titre d'exemple : aux tarses II des deutonymphes, dans le clone 17, le poil *it''* manquait toujours, sauf sur un individu, où il existait à droite et à gauche. La fondatrice du clone, à la même stase, ne l'avait pas.

Un problème est posé par cette exception et par les autres semblables. Sommes-nous en présence de mutations, ou d'autres choses ? Une vertition rare, ou une anomalie, est susceptible de se présenter une seule fois et symétriquement puisque la probabilité pour qu'il en soit ainsi n'est

([4]) *Comptes rendus*, 234, 1952, p. 774.

jamais nulle. Nous devons admettre aussi, d'autre part, dans l'état médiocre de nos connaissances, qu'il y a des variations de types spéciaux encore inconnus.

Pour résoudre ce problème, il faut d'abord obtenir la descendance de l'animal exceptionnel, donc savoir qu'il est exceptionnel sans l'avoir tué ni endommagé et, par conséquent, avoir étudié les variations sur tous les individus du clone, ou du lot, pendant qu'ils vivaient. La difficulté est grande pour des animaux de la taille habituelle des Acariens et je n'ai pu la surmonter jusqu'ici.

Le cas d'individus tous symétriques, quoique portant les uns A et les autres B, signifierait vraisemblablement que le lot est hétérogène et contient au moins deux races. Je ne l'ai jamais rencontré. Rien ne prouverait, *a priori*, que l'un des caractères eût remplacé l'autre par mutation. Il pourrait l'avoir remplacé par vertition, totalement, si l'orthogenèse vertitionnelle est finie.

MAGNÉTO-OPTIQUE. — *Rotativités de l'éthane et des carbures d'hydrogène saturés.* Note de MM. **René de Mallemann** et **François Suhner.**

1. Les pouvoirs rotatoires magnétiques du méthane et de l'éthane furent observés il y a une vingtaine d'années (¹), mais des mesures récentes ayant donné, pour le premier gaz, des nombres notablement supérieurs (²), il importait de vérifier les résultats relatifs au second.

On a utilisé cette fois l'éthane de provenance américaine, comprimé en bouteilles sous l'étiquette « research grade », dont la pureté (contrôlée au spectromètre infrarouge) est certifiée 99,9 %.

Nous avons mesuré son *indice de réfraction* : $n = 1,000767$ (jaune moyen) en bon accord avec le nombre trouvé par Strickert : 1,000769 ($\lambda = 546$ mμ).

Rotation magnétique : $\lambda = 578$ mμ. — Afin de simplifier l'écriture, nous avons pris le parti d'exprimer dorénavant les constantes de Verdet Λ des *gaz* en *microminutes* (μ min), les rotativités (spécifiques $[\Omega]$ et moléculaires $[\Omega]_M$) de *tous les corps* en *microradians* (μR).

Les Λ_0^{760} inscrits dans le tableau sont déduits des Λ_t^p observés, en traitant le gaz comme parfait. Faute de données propres sur sa compressibilité, nous avons calculé les *densités* à l'aide des coefficients de Leduc relatifs à C_2H_4 et N_2O (ces coefficients différant très peu pour des gaz dont les températures de liquéfaction sont voisines), en partant de la densité tabulaire normale :

(¹) R. de Mallemann et P. Gabiano, *Comptes rendus*, 191, 1930, p. 1319; P. Gabiano, *Ann. de Phys.*, 20, 1933, p. 68-131.

(²) R. de Mallemann et F. Suhner, *Comptes rendus*, 232, 1951, p. 2067.

$d_0^{760} = 1,3566.10^{-3}$; d'où les valeurs corrigées des rotations spécifiques et moléculaires (rotativités).

p (mm).	t (°C).	$Hl.10^{-3}$ (C. G. S.).	2ρ (degrés).	A_t^p (μ min).	A_0^{760} (μ min).	[A] (μR).	$[A]_M$ (μR).
3422.........	7,3	690,0	2,56	111,3	25,4	53,4	160 (^{2})
3340.........	7,3	–	2,405	104,6	25,2	53,0	159 (^{0})
1830.........	7,0	–	1,35	58,7^{0}	25,0^{5}	53,2	159 (^{6})
795.........	7,0	–	0,585	25,4^{4}	25,0^{0}	53,5	160 (^{5})

Dispersions : $\frac{546}{578} = 1,125, \quad \frac{436}{578} = 1,80.$

De l'ensemble des résultats, il ressort que la rotativité de l'éthane vaut $[\Omega]_M = 160$, à moins de 1/100 près. Le nombre 152, trouvé antérieurement, est certainement trop faible (avec un écart de même sens que pour le méthane mais plus petit).

Du méthane à l'éthane, $[\Omega]_M$ croîtrait de 46 unités seulement, alors que la différence s'élèverait à 62 de l'éthane au propane, d'après nos mesures récentes ([3]). Il semble donc hors de doute que la rotativité du groupe CH_2 diminue sensiblement quand on passe de la structure isotrope CH_4 à la structure $CH_3 - CH_3$: ce fait aurait pour cause l'*allongement* de la molécule, plutôt que la simple adjonction d'une liaison C:C. En effet, pour des isomères tels que le *butane* n. et l'*isobutane* (triméthylméthane), le *pentane* n. et l'*isopentane* (diméthyléthylméthane), la différence des rotativités atteint 10; or les structures iso se rapprochent évidemment davantage de la forme tétraédrique compacte du méthane. (On n'a malheureusement pas encore étudié le *tétraméthylméthane* pour lequel une rotativité particulièrement grande serait à prévoir.)

Cependant, quand on avance dans une *même série* organique, la variation se régularise (en règle générale, le premier terme se classe nettement hors série). Ainsi, pour les hydrocarbures saturés de la série *normale*, on trouve, à partir de l'éthane, une variation sensiblement uniforme de 55 *unités par* CH_2, comme il ressort du tableau ci-dessous.

Carbures (n).	Rotativités $[\Omega]_M^{578}$. Gaz mes.	Liq. mes.	Calc.
Méthane......	114	»	»
Éthane.......	160	»	169
Propane.....	222	218	224
Butane.......	278	275	279
Pentane......	334	332	334
Hexane......	387	387	389
Heptane.....	»	443	444
Octane......	»	498	499

Carbures (n).	Rotativités $[\Omega]_M^{578}$. Liq. mes.	Cal.
Nonane...........	555	554
Décane............	610	609
Undécane.........	662	664
Duodécane........	719	719
Tétradécane.......	830	829
Hexadécane........	943	939
Hexacosane ($C^{26}H^{54}$).	(1470)	1489

([3]) R. de MALLEMANN, F. SUHNER et J. GRANGE, *Comptes rendus*, 234, 1952, p. 2247.

Au delà du pentane, les rotativités dans l'état *liquide* sont évaluées à partir des pouvoir rotatoires et des indices de réfraction récemment mesurés par Foehr et Fenske (ceux-ci ont observé un grand nombre d'hydrocarbures très soigneusement purifiés) (4). Nous avons porté dans les dernières colonnes les valeurs des $[\Omega]_M$ obtenues en ajoutant 55 par CH_2 à la rotativité expérimentale du méthane. On peut constater, qu'à l'exclusion des deux ou trois premiers termes, l'accord est très satisfaisant. L'incrément paraît diminuer légèrement quand la chaîne devient très longue et tendrait ainsi vers 53, nombre qui correspond exactement à la chaîne *fermée* régulière du *cyclohexane* : $6 \times 53 = 318$ (5). Il faut noter aussi que la rotativité du groupe CH, déduite du *méthane*, est 28,5, soit à peu de chose près la *moitié* de la valeur du CH_2 dans les *chaînes* normales. Mais l'*éthane* donnerait seulement 80 pour CH_3, soit 53,3 et 26,7 respectivement pour CH_2 et CH. Somme toute, dans les hydrocarbures saturés, la rotativité de CH augmenterait quand la structure moléculaire devient plus *compacte* et par suite s'éloigne moins d'une symétrie isotrope.

M. **Jean Chazy** fait hommage à l'Académie de la quatrième édition revue et augmentée de son Ouvrage intitulé : *Cours de Mécanique rationnelle*. Tome I. *Dynamique du point matériel.*

M. **Jacques Duclaux** présente un Ouvrage de M. **Clément Courty**, intitulé : *Charbons activés* (*Adsorption des gaz et des vapeurs*) dont il a écrit la *Préface*.

DÉSIGNATIONS.

M. **Antoine Lacassagne** est désigné pour représenter l'Académie au **VIIe Congrès international de Radiologie**, qui aura lieu à Copenhague, du 19 au 25 juillet 1953.

CORRESPONDANCE.

L'Académie est informée de l'ouverture, le jeudi 2 octobre 1952, de la **IVe Exposition du Chauffage industriel.**

(4) *Indust. Engin. Chem.*, **41**, 1949, p. 1956.

(5) R. de Mallemann et F. Suhner, *Comptes rendus*, **227**, 1948, p. 804. (Dans le *cyclopentane*, on trouve à peu près la valeur normale 55.)

M. le **Secrétaire perpétuel** signale, parmi les pièces imprimées de la Correspondance :

1° *État actuel et valeur de la théorie hydro-thermodynamique des explosions et des chocs*, par Serge Travers. Première partie : *Les ondes de choc pur; la compressibilité par choc sans combustion.* Deuxième partie : *L'épaisseur des ondes de choc et le mécanisme de l'inflammation dans les ondes de combustion* (Thèse).

2° International Council of scientific Unions. *Report of the executive Committee*, 1951.

3° University of Glasgow. *The book of the fifth Centenary.*

4° *The essays of Jean Rey.* A facsimile reprint of the original edition of 1630 with an introduction by Douglas McKie.

5° *Les filtres électriques. Généralités*, par Pierre David, 3e édition.

6° *Durchmusterung of selected areas of the special plan.* Vol. I et II, par P. J. Van Rhijn.

7° Chambre syndicale des constructeurs de compteurs, transformateurs de mesure et appareils électriques et électroniques de mesure et de contrôle. *Compteurs et appareils électriques et électroniques de mesure de fabrication française.*

8° National physical Laboratory. *Recent Developments and Techniques in the maintenance of Standards.* Proceedings of a Symposium held on 21st and 22nd may 1951.

MÉCANIQUE DES FLUIDES. — *Sur l'influence d'un noyau partiel imperméable sur l'écoulement plan à travers une digue.* Note de M. **Mladen Boreli**, transmise par M. Joseph Pérès.

L'emploi dans une digue perméable d'un noyau partiel imperméable, dont la crête est inférieure au niveau de la surface libre à l'amont de la digue, peut intéresser les techniciens au point de vue du fonctionnement du drain.

Nous avons étudié la variation d'un certain nombre de paramètres caractérisant cet écoulement en fonction de la variation de la hauteur h du noyau imperméable.

Les paramètres s, α et t de la figure 1 sont restés invariables dans tous les cas considérés. Immédiatement à l'aval du noyau, nous avons placé un drain qui, en fait, ne reçoit le débit de fuite que sur une certaine partie de sa longueur, que nous appelons longueur utile. Nous nous sommes intéressé à cette longeur utile ainsi qu'au débit de fuite Q. Ces deux grandeurs ont été représentées par leurs valeurs réduites obtenues en les divisant respectivement par l_0 et Q_0, longueur utile et débit dans le cas où la hauteur du noyau est nulle, le drain restant en place. En même temps la hauteur du noyau était rapportée à la profondeur d'eau H en amont de la digue.

Nous avons, d'autre part, étudié la variation de la vitesse V à la naissance du drain, au point C (*fig.* 1). Lorsqu'il n'y a pas de noyau cette vitesse est théoriquement infinie, et pratiquement très grande. Nous l'avons rapportée au coefficient de perméabilité K de Darcy.

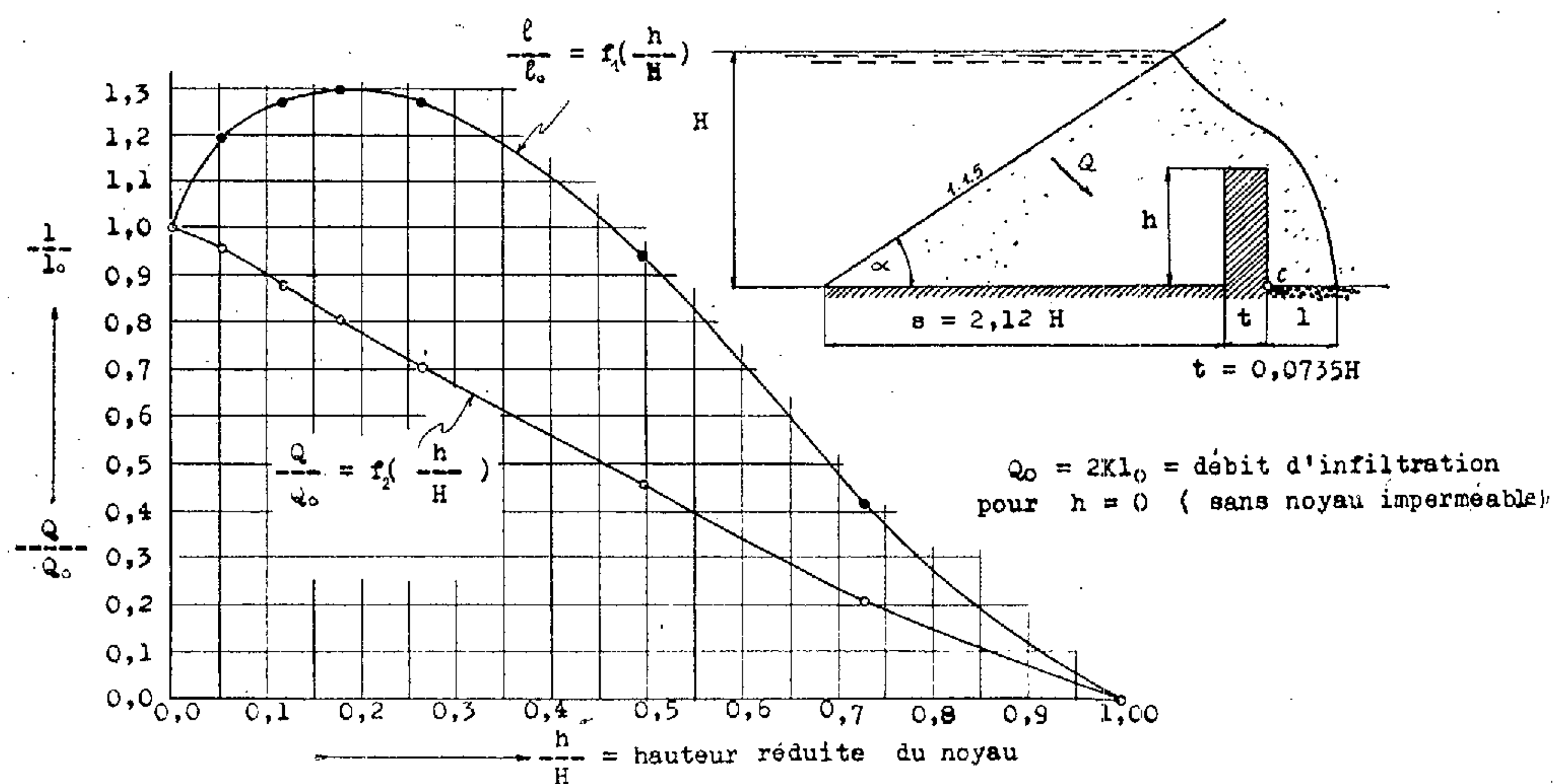


Fig. 1. — Variation du débit d'infiltration et de la longueur utile du drain en fonction de la hauteur du noyau imperméable.

Les essais ont été effectués dans la cuve à analogie électrique du Laboratoire d'Hydraulique de l'Institut Polytechnique de Grenoble. La paroi déformable représentant la surface libre était constituée par une lame de caoutchouc

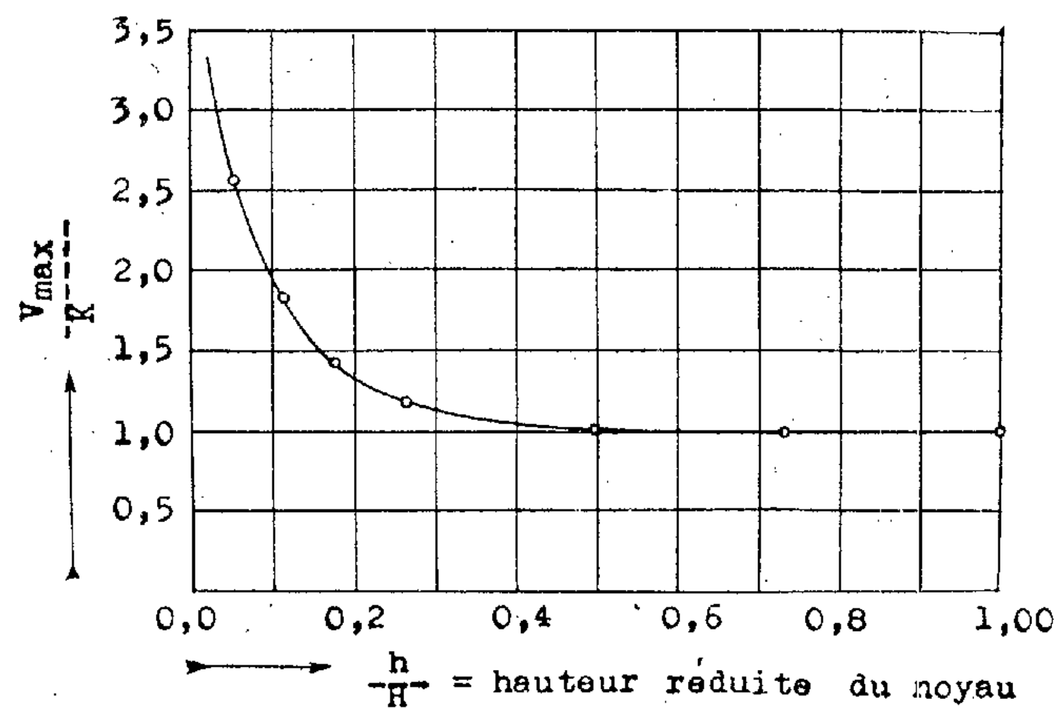


Fig. 2. — Variation de la vitesse maximum de l'eau à la sortie (à la naissance du drain, point C du diagramme 1) en fonction de la hauteur réduite du noyau imperméable.

mousse de 3 mm d'épaisseur, collée au mastic par de la « vaseline jaune filante ». Cette paroi a été progressivement déformée jusqu'à ce que les

équipotentielles régulièrement espacées viennent la frapper en des points présentant des différences de cotes constantes. Les tâtonnements ont, dans chaque cas, été assez courts : de l'ordre de 1 ou 2 h.

Nous avons vérifié d'abord que, dans le cas de la digue sans noyau, le débit Q_0 obéissait rigoureusement à la relation donnée par Kozeny :

$$Q_0 = 2\,K\,l_0.$$

La figure 1 donne le schéma étudié et les courbes représentant Q/Q_0 et l/l_0 en fonction de h/H.

On voit que Q/Q_0 diminue à peu près linéairement en fonction de h/H. Au contraire l/l_0 passe par un maximum de l'ordre de 1,3 pour de faibles valeurs de h/H et décroît ensuite.

La figure 2 donne les variations du rapport V/K à la naissance du drain en fonction de h/H. On voit que ce rapport, infini pour $h = 0$, diminue très rapidement et que, pour des valeurs de $h/H = 0{,}05$, il n'est plus que de 2,58. L'intérêt du noyau partiel de faible hauteur est, à ce point de vue, considérable.

THERMODYNAMIQUE. — *Sur les relations phénoménologiques d'Onsager.* Note de M. **Kyrille Popoff**, présentée par M. Maurice Roy.

Considérons un système adiabatiquement isolé, dont l'état est complètement défini par les variables ξ_1, ξ_2. Soient $\xi_1 = \xi_1^0$, $\xi_2 = \xi_2^0$ les valeurs de ces variables correspondant à l'état stable du système, et posons $\xi_1 - \xi_1^0 = x_1$, $\xi_2 - \xi_2^0 = x_2$. L'expression ΔS de l'entropie autour de l'état stable, réduite à ses termes du second degré. est donnée par

$$\Delta S = -\frac{1}{2}\sum_{ik} g_{ik}\,x_i x_k, \qquad \text{avec} \quad g_{ik} = g_{ki} \qquad (i, k = 1, 2),$$

$\sum_{ik} g_{ik} x_i x_k$ étant une forme quadratique positivement définie.

La théorie des processus irréversible de la thermodynamique, esquissée par Onsager, repose sur la symétrie du tenseur L_{ik} figurant dans les relations phénoménologiques

$$(1) \qquad x_i' = \sum_k L_{ik} X_k, \qquad \text{avec} \quad L_{ik} = L_{ki} \qquad (i, k = 1, 2),$$

où les x_i' sont des « flux » et les X_k des « forces », c'est-à-dire les dérivées des x_i par rapport au temps t et les dérivées partielles de $(-\Delta S)$ par rapport aux x_k.

Pour établir la symétrie du tenseur L_{ik}, Onsager recourt à la théorie des probabilités. Dans ce qui suit, nous montrons que, si x_1, x_2, et par conséquent

les g_{ik}, sont, d'après l'hypothèse, les seuls éléments déterminant l'état du système, les L_{ik} doivent être complètement déterminés par les g_{ik} et symétriques, d'après un théorème de P. Curie, publié dans le *Journal de Physique* de 1894 : « Lorsque certaines causes produisent certains effets, les éléments de symétrie des causes doivent se retrouver dans les effets produits. »

Pour le voir, dans le cas qui nous intéresse, remplaçons dans les relations (1) les X_k par leurs valeurs tirées de $(-\Delta S)$. L'on obtient ainsi le système d'équations différentielles

$$(2)\qquad \begin{cases} \dfrac{dx_1}{dt} = (L_{11}g_{11} + L_{12}g_{21})\,x_1 + (L_{11}g_{12} + L_{12}g_{22})\,x_2, \\ \dfrac{dx_2}{dt} = (L_{21}g_{11} + L_{22}g_{21})\,x_1 + (L_{21}g_{12} + L_{22}g_{22})\,x_2. \end{cases}$$

Les intégrales de ce système étant de la forme $x_1 = \alpha e^{rt}$, $x_2 = \beta e^{rt}$, l'on obtient pour r les deux valeurs suivantes :

$$r_{1,2} = \frac{1}{2}(L_{11}g_{11} + 2L_{12}g_{12} + L_{22}g_{22}) \pm \frac{1}{2}\sqrt{(L_{11}g_{11} + 2L_{12}g_{12} + L_{22}g_{22})^2 - 4(L_{11}L_{22} - L_{12}^2)(g_{11}g_{22} - g_{12}^2)}.$$

Ces deux valeurs de r, avec les constantes d'intégration correspondant aux valeurs initiales de x_1 et de x_2, déterminent le processus. Or, *pour que le processus ainsi défini soit irréversible, il faut que r_1 et r_2 soient négatifs*. Mais, r_1 et r_2 dépendent des L_{ik} et, par conséquent, les L_{ik} interviendraient comme éléments déterminant l'état du système, contrairement à l'hypothèse faite.

Dans un mémoire antérieur (¹) nous avons montré que les relations (1) sont des intégrales premières du système d'équations différentielles

$$(3)\qquad \frac{d^2x_i}{dt^2} = X_i \qquad (i = 1, 2),$$

et que la symétrie du tenseur L_{ik}, qui s'exprime d'une manière simple et seulement par les g_{ik}, est une conséquence immédiate de (3).

En suivant les méthodes d'intégration de H. Poincaré, nous sommes arrivé à montrer que les relations phénoménologiques (1) sont des intégrales premières du système (3), où les X_i sont les dérivées partielles de $(-\Delta S)$, dans le cas où ΔS est l'expression de l'entropie autour de l'état stable et lorsque l'on a gardé dans cette expression tous les termes de son développement suivant les puissances des x_1 et x_2. Dans ce cas également, les valeurs principales des L_{ik} sont symétriques.

(¹) *J. Math. Phys. appl.*, 3, 1952, p. 42-51.

ÉLECTRICITÉ. — *Sur les courants induits produits dans une plaque conductrice de grande largeur par une nappe plane de* faible largeur *parcourue par un courant de haute fréquence. Formules approchées donnant les variations de résistance et de self de l'inducteur.* Note de MM. **Marcel Gourceaux** et **Antoine Colombani**, transmise par M. Gustave Ribaud.

Nous avons donné l'expression de la densité de courant et de la puissance dépensée par courants induits dans une plaque conductrice *indéfinie* parallèle à une nappe plane inductrice de largeur finie ([1]). Avec les mêmes hypothèses que celles qui ont permis le calcul rigoureux de la résistance apparente inductrice, on peut déduire la variation de self de l'inducteur et son coefficient d'induction mutuelle avec la plaque pour la distribution superficielle créée dans celle-ci.

Très brièvement si L est la self de la plaque par unité de largeur en écrivant que $(1/2)LI_i^2$ (I_i intensité induite) est égale à l'énergie localisée $(\mu/8\pi)\iiint H^2\,dv$, on obtient

$$\frac{1}{2}LI_i^2 = 2\pi\mu\varepsilon\int_{-\infty}^{+\infty}\mathcal{J}_{sx}^2\,dx = 4\mu\varepsilon I^2\left[l\,\mathrm{Arc\,tg}\left(\frac{l}{2d}\right) - d\,\mathrm{Log}\left(1+\frac{l^2}{4d^2}\right)\right] \qquad \text{avec} \quad I_i = lI,$$

ε, épaisseur de peau de la plaque $\varepsilon = (2\pi\mu\omega\gamma)^{-\frac{1}{2}}$.

D'où

$$L = \frac{8\mu\varepsilon}{l^2}\left[l\,\mathrm{Arc\,tg}\left(\frac{l}{2d}\right) - d\,\mathrm{Log}\left(1+\frac{l^2}{4d^2}\right)\right]$$

par unité de profondeur.

Comme l'intensité I_i est égale à l'intensité totale inductrice, il est évident que cette formule représente également la variation de self de la couche inductrice. Enfin, la relation $-jM\omega lI = (R + jL\omega)I_i$ donne

$$M = \frac{4\sqrt{5}}{l^2}\mu\varepsilon\left[l\,\mathrm{Arctg}\left(\frac{l}{2d}\right) - d\,\mathrm{Log}\left(1+\frac{l^2}{4d^2}\right)\right] \quad \text{par unité de longueur,}$$

Cependant, il est très utile de connaître toutes les grandeurs que nous avons calculées *dans le cas pratique* où la plaque a une largeur l' *grande*. Les calculs sont possibles si l'on suppose *faible* la largeur l de la couche inductrice. Par développement en série de l'expression générale de la densité de courant [I] au point d'abscisse x on obtient en effet

$$\mathcal{J}_{sx} = -\frac{I}{\pi}\,\frac{l}{d}\,\frac{1}{1+\left(\frac{x}{d}\right)^2}.$$

([1]) *Comptes rendus*, 235, 1952, p. 605.

D'où l'intensité totale induite

$$I_i = -\frac{I}{\pi}\frac{l}{d}\int_{-\frac{l'}{2}}^{+\frac{l'}{2}} \mathcal{J}_{sx}\,dx = -\frac{2Il}{\pi}\,\text{Arctg}\left(\frac{l'}{2d}\right).$$

En posant $l'/2d = \beta$ la puissance dépensée est

$$W = \frac{1}{\gamma\varepsilon}\int_{-\frac{l'}{2}}^{+\frac{l'}{2}} \mathcal{J}_{sx}^2\,dx = \left[\text{Arctg}\beta + \frac{\beta}{1+\beta^2}\right]\frac{I^2 l^2}{\pi^2\gamma\varepsilon d}.$$

Les relations $RI_i^2 = W$ et $(1/2)LI_i^2 = (\mu/8\pi)\iiint H^2\,dv$ avec $H = -4\pi I_s$ donnent alors la résistance et la self de la plaque. On trouve

$$R = \frac{1}{4\gamma\varepsilon\,d(\text{Arctg}\beta)^2}\left[\text{Arctg}\beta + \frac{\beta}{1+\beta^2}\right] \quad \text{par unité de longueur,}$$

$$L = \frac{\pi\mu\varepsilon}{d(\text{Arctg}\beta)^2}\left[\text{Arctg}\beta + \frac{\beta}{1+\beta^2}\right] \quad \text{»} \quad \text{»}$$

L'intensité totale dans la couche inductrice étant lI, on en déduit les variations de résistance $\mathcal{R}$ et de self $\mathcal{L}$ de la nappe plane

$$\beta = \frac{l'}{2d}\left\{\begin{array}{ll} \mathcal{R} = \dfrac{1}{\pi^2\gamma\varepsilon d}\left[\text{Arctg}\beta + \dfrac{\beta}{1+\beta^2}\right] & \text{par unité de longueur,} \\ \mathcal{L} = \dfrac{4\mu\varepsilon}{\pi d}\left[\text{Arctg}\beta + \dfrac{\beta}{1+\beta^2}\right] & \text{»} \quad \text{»} \end{array}\right.$$

Le coefficient M d'induction mutuelle pour cette *distribution de courant* est donné par l'expression $-jM\omega lI = (R + jL\omega)I_i$ qui conduit grâce aux résultats précédents à :

$$M = \frac{\mu\varepsilon\sqrt{5}}{d}\left[1 + \frac{\beta}{1+\beta^2}\,\frac{1}{\text{Arctg}\beta}\right].$$

D'autre part la réaction magnétique des courants induits sur la nappe de *faible largeur l* est donnée par l'expression

$$H' = \int_{-\frac{l'}{2}}^{+\frac{l'}{2}} \frac{2\mathcal{J}_{sx}}{r}\cos\theta\,dx = -\frac{2Il}{\pi d}\,\text{Arctg}\beta.$$

Si l' est très grand on retrouve bien $H' = -Il/d$ (l'intensité totale induite vaut Il).

Si l'on suppose alors la nappe formée de n spires jointives de rayon a d'un métal identique, pour simplifier, à celui de la plaque, et que l'on ait sensiblement

$a < \varepsilon$ la densité de courant I' à la surface du fil inducteur sera [2] :

$$I' = I_a \left[1 + \omega\gamma a^2 \frac{l}{d} \operatorname{Arctg} \beta \right]$$

(I_a densité de courant dans le fil en l'absence de courants induits).

Rappelons que si la nappe possède une épaisseur $2a$ il suffit de remplacer dans toutes ces formules le paramètre d par $(d^2 - a^2)^{1/2}$.

N'oublions pas enfin que ces formules approchées établies pour *l petit* n'ont de sens physique qu'autant que l' est *grand* c'est-à-dire qu'on se rapproche du plan idéal conducteur indéfini par rapport auquel existe une image électrique.

RADIOÉLECTRICITÉ. — *Correspondance entre le niveau moyen des atmosphériques et le degré d'intelligibilité d'une liaison radioélectrique sur onde kilométrique.* Note complémentaire de M. **Fernand Carbenay**, présentée par M. Louis de Broglie.

L'enregistrement du 26 juin 1952 [1] de la cadence de succession des atmosphériques a été effectué avec un seuil correspondant à $\Psi_0 = 200$ maxwells par mètre.

OPTIQUE ÉLECTRONIQUE. — *Objectif à immersion électrostatique à haut pouvoir séparateur d'un type nouveau.* Note de M. **Albert Septier**, transmise par M. Gustave Ribaud.

En vue d'obtenir un champ extracteur très grand, le système suivant a été essayé : cathode plane placée devant une lentille unipotentielle classique. Mais la présence de nombreuses aberrations oblige à la compliquer légèrement. Un pouvoir séparateur $\delta = 100$ mμ a été obtenu aux premiers essais.

L'objectif à immersion classique présente un grave inconvénient : le champ E_0 sur la cathode dépend étroitement des conditions de focalisation [1] et les valeurs ainsi réalisées sont faibles, de l'ordre : E_0 (volts/cm) $\simeq$ V (volt), V désignant ici la tension d'accélération des électrons. J'ai réalisé un objectif où la valeur de E_0 est grande et indépendante des conditions de mise au point. Il est composé (*fig.* 1) d'une partie accélératrice L_1 formée d'un diaphragme D_1 percé d'un trou de faible rayon R_1 placé devant la cathode plane K à étudier, à une distance a, et d'une partie focalisatrice L_2 formée d'une lentille

---

(2) A. Colombani, *Journal de Physique*, 8e série, 9, 1949.

(1) Voir *Comptes rendus*, 235, 1952, p. 423.

(1) *Comptes rendus*, 235, 1952, p. 609.

unipotentielle symétrique de type classique dont la première électrode est constituée par le diaphragme D_1. L'équivalent magnétique de ce système a déjà été réalisé dans d'autres laboratoires ([2]).

Les potentiels sont les suivants : $V_K = 0$, $V_{D_1} = V_{D_3} = V$, $V_{D_2} = v$. On focalise en réglant la tension v de D_2 ; D_1 joue le rôle d'écran électrostatique, les variations de v n'influençant pas la répartition du potentiel dans l'espace KD_1. La valeur de E_0 ne dépend donc que de a, et l'on a sensiblement $E_0 \# V/a$. Avec $V = 20$ kV, $a = 2$ mm, E_0 (volts/cm) $\simeq 5$ V (volts). L_1 est nettement divergente, et le système total est notablement moins convergent que L_2 seule. L_1 donne une image virtuelle en arrière de K à une distance $a' \# a$ droite, avec un grandissement inférieur à 1 ; le foyer de L_2 doit se trouver au voisinage de cette image virtuelle.

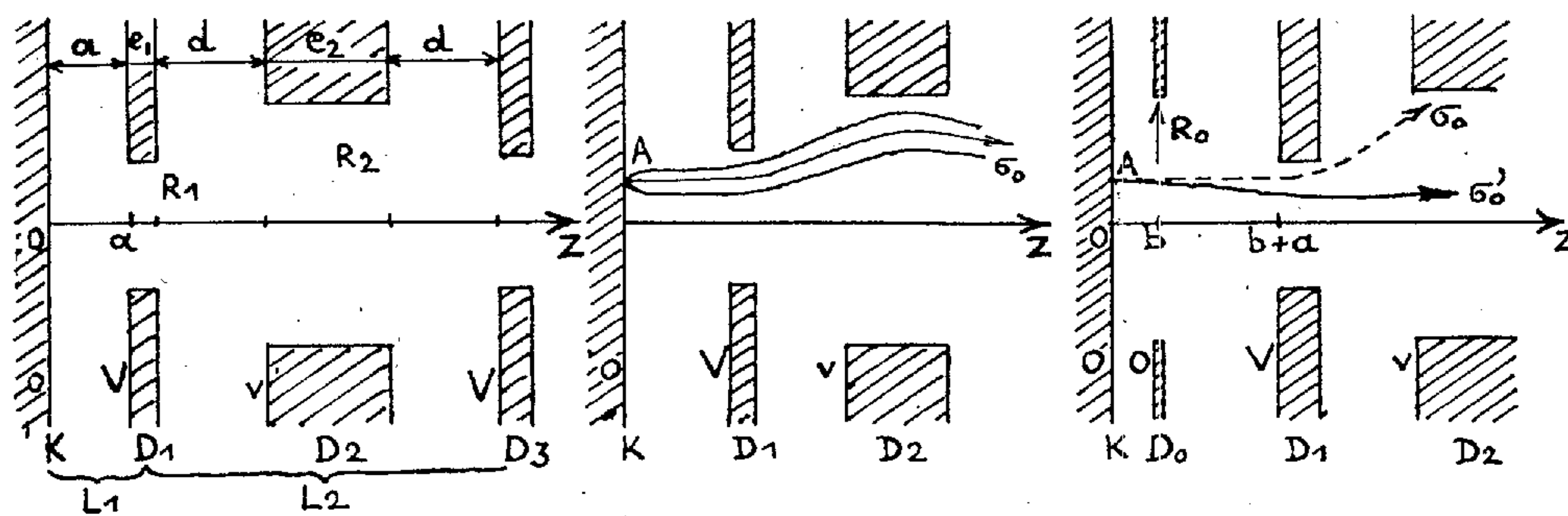


Fig. 1. Fig. 2. Fig. 3.

J'ai calculé et construit un tel ensemble, en imposant de plus à L_2, de présenter la distance focale minimum et partant le moins d'aberration possible; l'ensemble est défini par $a = 2$ mm, $e_1 = 1$, $e_2 = 8,4$, $d = 2,8$, $R_1 = 0,5$, $R_2 = 4,1$, $R_3 = 0,5$, $V = 20$ kV ; $f \# 9$ mm pour L_2 quand $v = 0$.

Mais cet ensemble présente des aberrations peu courantes en microscopie électronique : en particulier coma, comme le montre la photo 1 ($G = 200$ au centre). Ces défauts sont dus au fait que l'ensemble $L_1 - L_2$ ne possède pas de diaphragme d'ouverture; les faisceaux issus des points objets sont très ouverts au voisinage de D_2 et les rayons éloignés de l'axe (*fig.* 2), car D_1 les fait diverger fortement. Il est possible d'éliminer des défauts en introduisant un diaphragme d'ouverture, mais cette électrode D_0 exerce aussi un effet de lentille, que j'ai réduit au maximum en la plaçant au voisinage de la cathode, à la distance b de K (*fig.* 3) et au même potentiel. D_0 joue le rôle d'un wehnelt peu convergent et oblige le rayon σ_0 de la figure 2 à passer en σ'_0 ; il faut prendre R_0 assez grand pour que E_0 ne soit pas trop diminué par la présence de D_0 ; je suis arrivé au système suivant : $b = 1,5$, $R_0 = 2$, $R_1 = 0,5$, $a = 2$,

([2]) KINDER, *Naturw.*, 30, 1942, p. 591.

pour lequel la cuve rhéographique donne pour E_0 une valeur largement supérieure à celle de l'objectif classique, E_0 (volts/cm) = 1,42 V_0 (volts).



Photo 1.

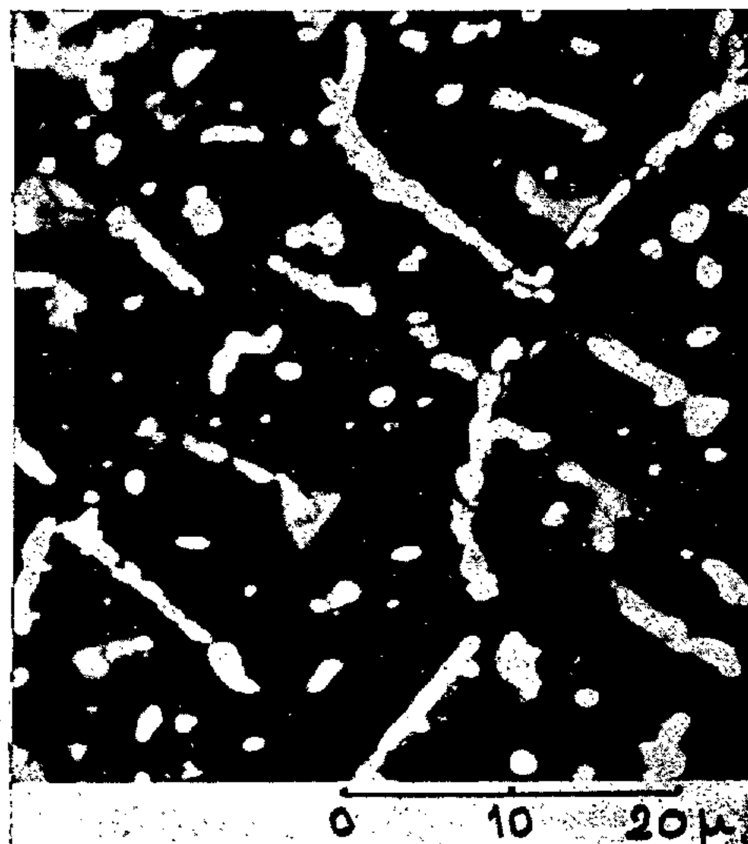


Photo 2.

Le grandissement de l'ensemble à 660 mm de K est G = 46. Une lentille de projection est donc nécessaire. La photo 2 montre une surface identique à celle de la photo 1, à G = 1840.

Le pouvoir séparateur δ mesuré sur un agrandissement de la photo 2 obtenue aux premiers essais est de l'ordre de 100 mμ.

PHYSIQUE NUCLÉAIRE. — *Sur le spin de certains noyaux impair-impair.* Note de MM. **Claude Marty** et **Jacques Prentki**, présentée par M. Frédéric Joliot.

1. Récemment Jahn (1) et Flowers (2) ont énuméré les niveaux provenant du remplissage des couches nucléaires à l'aide de la méthode de Racah. Leurs résultats s'appliquent surtout aux noyaux légers pour lesquels neutrons et protons périphériques se trouvent sur une même orbite, tandis que la longueur du vecteur de spin isotopique total est une constante de mouvement.

On a cherché à déterminer le spin de certains noyaux lourds avec les hypothèses suivantes :

a. sous-couches ou couches saturées en neutrons ou protons avec un proton

(1) *Proc. Roy. Soc.*, A 201, 1950, p. 516.
(2) *Proc. Roy. Soc.*, A 212, 1952, p. 248.

et un neutron sur les sous-couches suivantes. Les orbites de ces derniers nucléons sont celles données par le modèle de M. G. Mayer ([3]).

b. Entre le neutron et le proton appartenant à des couches non saturées existe une interaction centrale ordinaire de contact V. Le fait que dans les noyaux lourds les nucléons extérieurs sont en moyenne à des distances du centre du core supérieures à la portée des forces nucléaires, justifie le choix d'un potentiel de contact.

2. Le classement des niveaux, sous l'action du potentiel V, se fait par la méthode des traces de Slater ([4]), d'application particulièrement facile pour un potentiel de contact. Les résultats sont les suivants :

a. pour une configuration $s_{1/2}l_j$, les deux états $J = j \pm 1/2$ ont la même énergie de liaison ;

b. pour des figurations $p_{3/2}$ ou $d_{3/2}$ pour le neutron et le proton périphériques, l'ordre des niveaux est $V_0 > V_1 = V_3 > V_2$, ce qui signifie que le niveau $J = 0$ est plus lié que les niveaux $J = 1$, $J = 3$ (d'énergie égale), eux-mêmes plus liés que $J = 2$;

c. pour un neutron et un proton sur une couche $d_{5/2}$, on a

$$V_0 > V_1 > V_5 > V_3 > V_2 > V_4$$

(*b* et *c* sont des cas particuliers des calculs de Jahn et Flowers) ;

d. pour un nucléon sur l'orbite $d_{5/2}$ et l'autre sur $g_{7/2}$ on a

$$V_1 > V_6 > V_2 > V_4 > V_3 > V_5.$$

e. Pour un nucléon sur l'orbite $d_{5/2}$ et l'autre sur $(g$ ou $h)_{9/2}$ il vient $V_2 > V_7 > V_5 = V_3 > V_4 > V_6$.

3. On a comparé ces résultats au spin des noyaux suivants, déterminé par les schémas de désintégration β :

Noyau.............	$^{34}_{17}Cl_{17}$.	$^{62}_{29}Cu_{33}$.	$^{90}_{39}Y_{51}$.	$^{92}_{41}Nb_{51}$.	$^{122}_{51}Sb_{71}$.	$^{170}_{69}Tm_{101}$.	$^{210}_{83}RaE_{127}$.
Orbite proton	$d_{3/2}$	$p_{3/2}$	$p_{1/2}$	$g_{9/2}$	$d_{5/2}$	$s_{1/2}$	$h_{9/2}$
Orbite neutron	$d_{3/2}$	$p_{3/2}$	$d_{5/2}$	$d_{5/2}$	$g_{7/2}$	$f_{5/2}$	$d_{5/2}$
J expérimental	> 0	> 0	2	> 2	1	2	2
J théorique	0	0	2 ou 3	2	1	2 ou 3	2

On remarquera que l'accord est satisfaisant pour les noyaux lourds, en particulier pour le RaE dont le core est doublement magique. Pour les noyaux plus légers comme ^{34}Cl, ^{33}Cu, le désaccord peut être dû à ce que l'hypothèse 1 *b* est critiquable dans ce cas.

([3]) *Phys. Rev.*, 78, 1950, p. 16.

([4]) *Phys. Rev.*, 34, 1929, p. 1293.

CHIMIE THÉORIQUE. — *L'anthracène étudié par la méthode des orbitales moléculaires, compte tenu des interactions entre configurations. La configuration fondamentale.* Note (*) de M. **José Santos Lucas**, présentée par M. Louis de Broglie.

Nous avons commencé l'étude de l'anthracène à l'aide de la méthode non empirique des orbitales moléculaires, compte tenu des interactions de configuration.

Nous donnons ici les premiers résultats qui sont relatifs au diagramme L. C. A. O. de cette molécule quand on introduit les interactions entre atomes non adjacents dans la configuration fondamentale non antisymétrisée.

Les équations séculaires des orbitales L. C. A. O. ont été écrites en introduisant les intégrales de recouvrement S et en admettant la proportionnalité des intégrales $\gamma = \beta - S\alpha$ aux intégrales de recouvrement ([1]). Les intégrales de recouvrement ont été calculées pour chaque distance CC au moyen de la formule donnée par Coulson ([2]). [On a adopté la distance de 1,40 Å pour chaque liaison C—C ([3]).] Nous avons ainsi obtenu les valeurs suivantes pour les coefficients de γ dans l'expression des énergies des différentes orbitales.

2,925	0,7986	—0,6183	—1,4167
2,2611	0,7129	—1,1040	—1,8245
1,3873	0,1340	—1,1040	—2,0696
1,3023		—1,3840	

Nous avons ensuite calculé les charges, les indices de valence libre et les indices de liaison correspondants à la configuration fondamentale. Les charges ont été calculées à partir de la définition de Mulliken ([4]), les indices de liaison à partir de la définition selon Chirgwin et Coulson ([5]) et les indices de valence libre à partir d'une définition nouvelle.

Cette dernière consiste à appeler valence libre F la différence entre une constante C et la somme des produits de chaque indice de liaison p_{lm} d'une liaison quelconque (entre atomes adjacents ou non) aboutissant au sommet

(*) Séance du 8 septembre 1952.

([1]) Ce fait a été observé par Mulliken, *J. Chim. Phys.*, **46**, 1949, p. 680.

([2]) *Proc. Camb. Phil. Soc.*, **38**, 1941, p. 210. Nous adoptons la notation de Coulson.

$$\beta_{ab} = \int \psi_a H \psi_b \, d\tau$$

([3]) Valeur moyenne des longueurs expérimentales selon Mathieson, Robertson et Sinclair, *Acta Crist.*, **3**, 1950, p. 245.

([4]) *J. Chim. Phys.*, **46**, 1949, p. 680.

([5]) *Proc. Roy. Soc.*, **201**, 1950, p. 136,

donné par le rapport de son intégrale β_{lm} à l'intégrale β_{cc} prise comme unité :

$$F_l = C_l - \sum_l p_{lm} \frac{\beta_{lm}}{\beta_{cc}}.$$

Si l'on adopte la numérotation de la figure 1, on obtient les valeurs suivantes :

fig. 1.

Liaison.	1-4.	9-12.	2-12.	1-12.	9-10.	11-14.
Indices de liaison.	0,166	0,155	0,132	0,132	0,149	0,101

Atome.	1.	2.	9.	11.
Indices de valence libre (*).......	0,268	0,160	0,544	0,045

(*) Pour la constante C on a adopté
C = 1,732 pour les carbones de type 3.
C = 1,414 pour les carbones de type 2.

Liaison.	1-2.	2-3.	9-11.	1-11.	11-12.
Indice de liaison...	0,9129	0,5906	$0,5418_5$	0,4658	0,2574

Liaison.	1-3.	2-11.	1-9.	11-13.	1-4.	9-12.	9-10.	2-12.
Indice de liaison...	0,2355	0,2358	0,2119	$0,1698_4$	0,1661	$0,1551_5$	0,1493	0,1319

Liaison.	1-12.	11-14.
Indice de liaison..................	$0,1315_6$	0,10168

Si l'on utilise la relation entre distances et indices de liaison donnée par Coulson, Daudel et Robertson [6] (ce qui est une approximation car cette courbe ne tient pas compte des interactions lointaines), on obtient les valeurs qui sont comparées dans le tableau suivant aux données expérimentales de Mathieson, Robertson et Sinclair [7].

	Calcul.	Expérience.
1-2..........................	1,35	1,364
2-3..........................	1,40	1,390
9-11..........................	1,40	1,391
1-11..........................	$1,42_5$	1,419
11-12..........................	1,47	1,440

On voit que les liaisons se classent dans le même ordre d'après le calcul ou d'après l'expérience. Les indices de valence libre obtenus se classent également dans l'ordre habituel (méso $> \alpha > \beta$).

Par contre les charges d'électron π ont été trouvées différentes de l'unité sur chaque atome (les charges apparentes étant positives en 9, 10, 11, 12, 13 et 14 et négatives en 1, 4, 5, 8, 2, 3, 6, 7).

Les charges étant des grandeurs très sensibles à la forme des fonctions d'onde, nous ne pensons pas utile d'en donner les valeurs exactes avant que le calcul complet tenant compte des interactions de configuration soit terminé.

([6]) *Proc. Roy. Soc.*, **207**, 1951, p. 306.

([7]) *Acta Crist*, **3**, 1950, p. 245.

CHIMIE MINÉRALE. — *Sur la perméabilité de l'acier pour le lithium.* Note (*) de MM. **Albert Hérold, Pierre Muller** et **Pierre Albrecht**, transmise par M. Louis Hackspill.

Le lithium ne traverse pas le fer pur, au moins jusqu'à 1100° C. Mais il peut traverser l'acier grâce aux fissures qu'il y produit en le décarburant.

Le fer est l'une des rares substances dans lesquelles on puisse manipuler le lithium. Divers auteurs signalent cependant que le lithium est capable de traverser les nacelles en fer ([1]) et ([2]), et même d'y produire des fissures qui les rendent perméables à l'eau ([3]).

Nous avons étudié de façon systématique l'action du lithium sur le fer commercial, c'est-à-dire sur l'acier doux (0,1 % de C). La méthode consistait à chauffer au four électrique un tube d'acier renfermant du lithium, et à rechercher cet élément à l'extérieur du tube, par spectroscopie. On s'est servi de tubes d'acier Martin-Siemens de 1 mm d'épaisseur et de 1 cm de diamètre intérieur, appelés dans le commerce « tubes de précision ». La plus grosse difficulté a été de réaliser aux extrémités des tubes d'acier des soudures étanches au lithium. Nous y avons réussi en fermant chaque tube par deux bouchons d'acier exactement ajustés, évidés sur une profondeur de 0,5 cm, puis en fondant ensemble, au chalumeau à acétylène, les extrémités du tube et les extrémités évidées des bouchons. Ces fermetures ont résisté une fois sur deux. Celles réalisées autrement ont toujours cédé. Pour empêcher le lithium de se répandre dans le four en cas de rupture d'une soudure, on enfermait le tube d'acier soudé dans un tube vertical de même métal, ouvert à son extrémité supérieure, et on le recouvrait de silice broyée. Enfin, pour éviter l'oxydation de l'acier, on maintenait dans le four une atmosphère d'hydrogène ou d'azote.

Les expériences effectuées avec des tubes de diverses provenances ont toujours conduit aux mêmes résultats :

Sauf rupture des soudures aucun tube n'a laissé passer le lithium au-dessus de 900° C (on n'a pas dépassé 1100°). Au contraire, après chauffage durant une dizaine d'heures au-dessous de 700° C, l'analyse spectrale mettait en évidence des quantités notables de lithium à l'extérieur de nos tubes. La silice en contenait très peu, ce qui s'explique par la formation de composés

---

(*) Séance du 1er septembre 1952.

([1]) Ephraim et Michel, *Helv. Chem. Act.*, **4**, 1921, p. 905.

([2]) Peters, *Z. Anorg. Chem.*, **131**, 1923, p. 140.

([3]) Hüttig et Krajewski, *Z. Anorg. Chem.*, **141**, 1924, p. 131.

peu volatils, hydroxyde en présence d'hydrogène chargé de vapeur d'eau, nitrure en présence d'azote. Le lithium se trouvait localisé sur des piqûres bleues ou noires nettement visibles sur la surface grise de l'acier. Nous avons constaté par ailleurs qu'un chauffage d'une centaine d'heures dans l'hydrogène, au-dessus de 900° C, rendait les tubes imperméables au lithium à toute température.

Nous proposons de ces faits l'explication suivante :

Le lithium ne traverse pas le fer pur, au moins au-dessous de 1100 C°. Il traverse par contre l'acier grâce aux éléments contenus dans celui-ci, en particulier grâce au carbone. Ces éléments sont éliminés par un chauffage prolongé dans l'hydrogène. Il y a là une technique sûre pour obtenir un métal rigoureusement imperméable. De plus, au-dessus d'une température qui varie de 905° C à 725° C quand la teneur en carbone croît de 0 à 0,85 %, les aciers sont constitués par une solution solide de carbone dans le fer γ : celle-ci peut être décarburée par le lithium, mais ne le laisse pas passer. Au contraire, à température plus basse, on a affaire à un mélange de fer α et de cémentite. Ce carbure peut former de gros amas irréguliers : en réagissant avec eux, le lithium produit dans la paroi d'acier des fissures qui lui permettent de la traverser.

Diverses expériences nous ont permis de confirmer cette hypothèse :

En chauffant quelques heures vers 1000°C, en présence de graphite pur, des tubes rendus imperméables par traitement à l'hydrogène, puis en les maintenant un jour à 600°C, nous avons obtenu le passage massif du lithium à travers de nombreuses et grosses fissures. C'est donc bien le carbone qui rend l'acier perméable au lithium.

Par ailleurs, nous avons pu rendre des tubes neufs imperméables à 600°C en les plongeant dans le mercure froid après les avoir portés au-dessus de 1000°C. Cette hypertrempe permet de maintenir à 600°C l'état stable à haute température, c'est-à-dire la solution solide de carbone dans le fer γ, qui est imperméable au lithium. Les tubes ainsi trempés restent d'ailleurs étanches à toutes les températures, même après recuit vers 900°C. Il est probable qu'au cours du recuit, la cémentite cristallise en amas très ténus, que le lithium peut attaquer sans former de fissures.

Les résultats obtenus complètent nos connaissances sur la résistance de l'acier à la corrosion. Ils facilitent la manipulation du lithium. Ils doivent enfin nous permettre de mesurer la tension de dissociation de l'hydrure de lithium par la technique de la paroi semi-perméable, déjà utilisée pour les autres hydrures alcalins.

CHIMIE ORGANIQUE. — *Synthèse de quelques acides phénylcyclopentylacétiques.* Note (*) de MM. **Max Mousseron, François Winternitz** et **Georges Rouzier**, présentée par M. Marcel Delépine.

Les deux acides phényl-2 et phényl-3 cyclopentylacétiques décrits ici ont été obtenus par différentes voies permettant de leur assigner avec certitude une structure *cis*.

La phényl-2 cyclopentanone [1] condensée avec le bromacétate d'éthyle en milieu éthéro-benzénique en présence de zinc, conduit à un oxy-ester qui, après déshydratation par le chlorure de thionyle et hydrogénation par le palladium sur charbon, donne l'acide phényl-2 cyclopentylacétique *cis* F 63-64° (anilide, F 99-100°; sel de S-benzylisothiouronium, F 145°), à côté d'une très faible quantité de l'isomère *trans* (sel de S-benzylisothiouronium, F 140°). Ce dernier est identique à l'acide obtenu par Nunn et Rapson [2]. De même, l'action du cyanacétate d'éthyle sur la phényl-2 cyclopentanone, selon le mode opératoire d'Alexander et Cope [3] engendre l'acide *cis* précédent avec un rendement de 50 %.

Le chlorure de l'acide phényl-2 cyclopentylacétique *cis*, obtenu par action du pentachlorure de phosphore en milieu benzénique, se cyclise spontanément [4] en cyclopentano-3.4-tétralone *cis* (semicarbazone, F 199-200°; 2.4-dinitrophénylhydrazone, F 221-222°), qui a été réduite par l'hydrure double de lithium et d'aluminium en cyclopentano-3.4-tétralol puis déshydraté et déshydrogéné par le palladium sur charbon à 25 % en cyclopentano-1.2-naphtalène (picrate, F 105-106°) [5].

L'acide phényl-2 cyclopentylacétique *trans* a été cyclisé sous la forme de son chlorure d'acide par le chlorure d'aluminium en cyclopentano-3,4 tétralone *trans*, F 79-82° (2.4-dinitrophénylhydrazone, F 241-243°).

La phényl-3 cyclopentanone [6] traitée par le cyanacétate d'éthyle ou par la réaction de Reformatsky dans les mêmes conditions que l'isomère en 2, conduit à l'acide phényl-3 cyclopentylacétique *cis*, F 71° (sel de S-benzylisothiouronium, F 148,5-149°; anilide, F 95°; amide, F 113°; sel de benzamidine, F 194°; sel de pipérazine, F 124°).

La cyclisation du chlorure d'acide de l'acide phényl-3 cyclopentyl-

---

(*) Séance du 22 septembre 1952.

(1) Arnold, Buckley et Dodson, *J. Amer. Chem. Soc.*, **72**, 1950, p. 5529.

(2) *J. Chem. Soc.*, 1949, p. 1051.

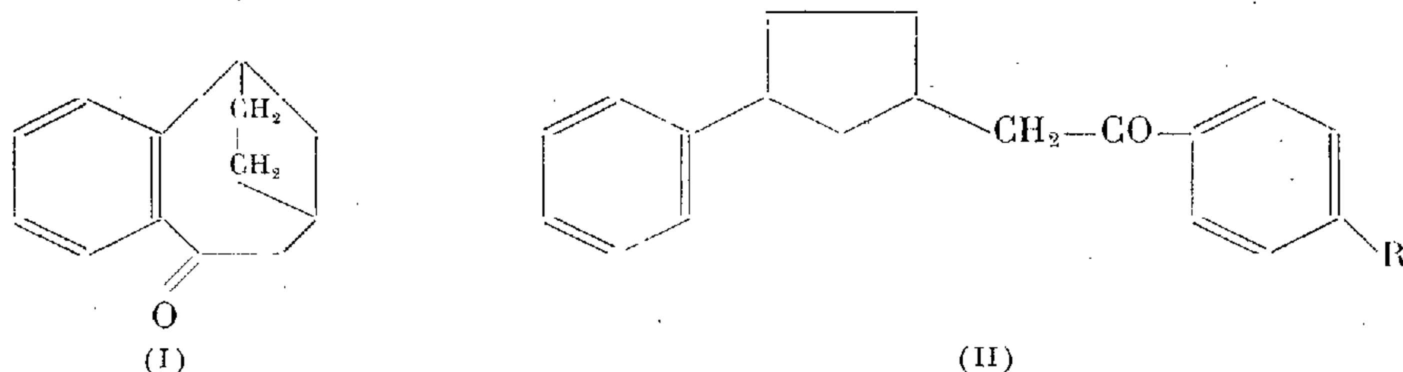
(3) *J. Amer. Chem. Soc.*, 66, 1944, p. 886.

(4) Adams, *Org. Réact.*, 2, p. 174, J. Wiley, édit., New-York.

(5) Kon, *J. Chem. Soc.*, 1933, p. 1081.

(6) Borsche et Menz, *Ber. d. Chem. Ges.*, **41**, 1908, p. 204.

acétique *cis* en milieu benzénique par le chlorure d'aluminium conduit à deux cétones : l'une (2.4-dinitrophénylhydrazone, F 206°, semicarbazone, F 205°), correspondant à la cyclisation du chlorure d'acide en endoéthylène-3.5-benzosubérone (I), l'autre résultant d'une condensation avec le benzène en phényl-3 phénacylcyclopentane (II, R=H), (2.4-dinitrophénylhydrazone, F 155°; semicarbazone, F 190-191°). Lorsque la cyclisation est effectuée au sein d'anisole, cette dernière cétone correspond au phényl-3 *p*-méthoxyphénacylcyclopentane (2.4-dinitrophénylhydrazone, F 133-133,5°) (II, R=CH_3). L'oxydation chromique des deux cétones correspondant à (II) permet d'isoler l'acide benzoïque ou l'acide anisique selon la valeur de R.



(I) (II)

L'acide phényl-2 cyclopentylacétique décrit par Buu-Hoï et Cagniant ([7]), F 67° (sel de S-benzylisothiouronium, F 149-149,5°; anilide, F 87°; amide, F 112°; sel de benzamidine, F 193-194°; sel de pipérazine, F 123°), ne diffère de l'acide phényl-3 cyclopentylacétique *cis*, obtenu plus haut, que par les points de fusion de l'acide et de l'anilide, ces deux derniers étant d'ailleurs difficilement purifiables. Les réactions de cyclisation en milieu benzénique ou avec l'anisole conduisent aux mêmes cétones que l'acide phényl-3 cyclopentylacétique *cis*.

La dégradation de Barbier-Wieland du phényl-cyclopentylacétate de méthyle obtenu en suivant exactement le mode opératoire indiqué par les auteurs ([7]), conduit d'abord à l'acide phényl-3 cyclopentylcarboxylique (sel de S-benzylisothiouronium, F 151-152°; anilide, F 105-106°; amide, F 146-148°) ([8]), identifié encore par sa dégradation en phényl-3 cyclopentanone (semicarbazone, F 183°) ([6]).

De plus, la réaction d'arylation utilisée par Buu-Hoï et Cagniant (*loc. cit.*) permet d'isoler à côté de l'acide F 67°, une faible quantité d'un acide qui correspond à l'acide phényl-2 cyclopentylacétique *trans*.

Notons encore que l'acide F 67° n'est pas isomérisable par action du chlorure de thionyle à chaud ou sous l'influence du chlorure d'aluminium.

Il est donc probable que durant la réaction d'arylation du cyclopentane-2

([7]) *Comptes rendus*, 220, 1945, p. 744.

([8]) BAKER et LEEDS, *J. Chem. Soc.*, 1948, p. 974.

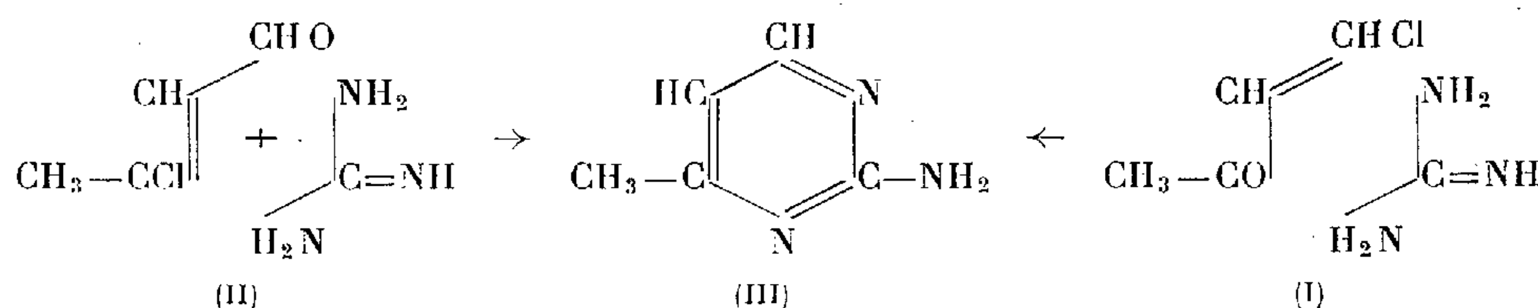
acétate d'éthyle par le benzène en présence de chlorure d'aluminium ([7]), le reste phényle se fixe principalement en position 3, conformément au mécanisme de cette réaction ([9]).

CHIMIE ORGANIQUE. — *Sur quelques réactions de l'aldéhyde β-chlorocrotonique et de corps apparentés.* Note de M. **Marc Julia**, présentée par M. Marcel Delépine.

A partir de l'aldéhyde β-chlorocrotonique ont été préparés l'amino-2-méthyl-4 pyrimidine et le phényl-1 chloro-3 butène-2 ol-1. Ce dernier donne par réarrangement allylique la benzalacétone. Le chlorobuténol a été oxydé en acide β-chlorocrotonique.

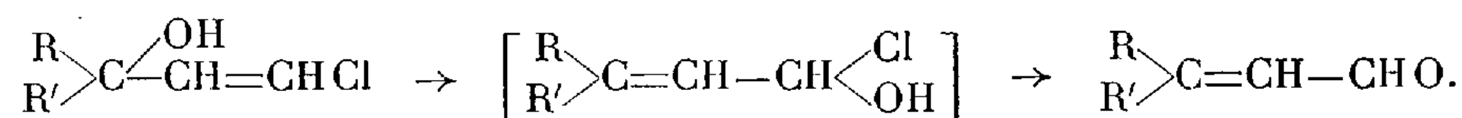
Dans une Note récente ([1]) j'ai décrit la préparation de l'aldéhyde β-chlorocrotonique, à partir du dichloro-1.3 butène-2, et quelques-unes de ses propriétés. En poursuivant l'étude de ces composés très réactifs, j'ai obtenu les résultats suivants :

1° *Préparation de l'amino-2 méthyl-4 pyrimidine* (III). — On sait qu'on peut préparer cette pyrimidine en condensant la guanidine et la méthyl chlorovinyl cétone (I) dans l'acide sulfurique concentré ([2]).



D'une façon analogue j'ai obtenu la même pyrimidine (F 155-157°) à partir de guanidide et d'aldéhyde β-chlorocrotonique (II).

2° *Réarrangement de carbinols β-chlorovinyliques secondaires.* — Jones et Weedon ([3]) ont montré que le réarrangement allylique de carbinols β-chlorovinyliques tertiaires conduisait à des aldéhydes α.β-éthyléniques. Or on sait que les carbinols allyliques secondaires se réarrangent moins facilement que les carbinols tertiaires; par contre un méthyle sur le carbone portant l'atome de chlore facilite le réarrangement ([4]).



([9]) Colonge et Grimaud, *Bull. Soc. Chim.*, **18**, 1951, p. 439.

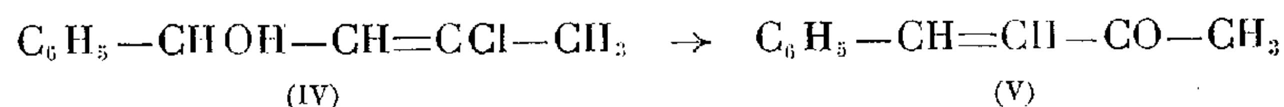
([1]) Marc Julia, *Comptes rendus*, **234**, 1952, p. 2615.

([2]) Schering, Brevet Français **886 084**.

([3]) *J. Chem. Soc.*, 1946, p. 937.

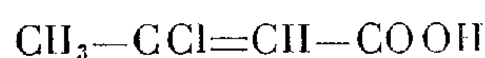
([4]) Marc Julia, *Ann. Chim.*, (12) 5, 1950, p. 595.

La condensation de l'aldéhyde β-chloro-crotonique avec le bromure de phényl magnésium dans l'éther donna avec un rendement modeste (20 %) le phényl-1 chloro-3 butène-2 ol-1 (IV) É 4,5 mn 110-112°; $n_D^{16} = 1,600$. Ce composé n'est pas très stable et se trouble peu de temps après la distillation.



Il vaut mieux l'employer brut pour le réarrangement. Lorsqu'on mélange ce carbinol à 100 fois son poids d'acide sulfurique 2N, qu'on ajoute de l'alcool jusqu'à homogénéité et qu'on laisse reposer 3 ou 4 jours à la température ordinaire, on obtient par dilution à l'eau et extraction à l'éther la benzalacétone (V) identifiée par sa semi-carbazone fondant à 184-185° seule ou mélangée à un échantillon authentique. Par conséquent le réarrangement s'est produit de la même façon que pour les carbinols β-chlorovinyliques tertiaires. Remarquons aussi que le carbinol (IV), traité par une solution acide de dinitro-2-4 phénylhydrazine donne aussitôt la dinitro-2-4 phénylhydrazone de la benzalacétone F 226° seule ou mélangée avec un échantillon authentique.

3° *Acide chloro-3 butène-2 oïque.* — Après avoir essayé d'oxyder l'aldéhyde β-chloro crotonique par l'hydroxyde d'argent d'après Delépine et Bonnet [5], il a paru préférable d'oxyder directement le chloro-3 butène-2 *ol*-1 par l'acide sulfochromique en présence d'acétone d'après Heilbron, Jones et Sondheimer [6]. J'ai obtenu ainsi l'acide chloro-3 butène-2 oïque fondant à 92-94° après cristallisation dans l'éther de pétrole. Il s'agit donc de la forme *trans*; la bibliographie indique en effet pour le composé *trans* obtenu par chloruration de l'ester acétylacétique F 94°, la forme *cis* fondant à 61° [7].



Ceci était à prévoir, car le dichlorobutène obtenu par distillation du produit commercial à la pression atmosphérique a la configuration *trans* [8], [9].

---

[5] *Comptes rendus*, **149**, 1909, p. 39.

[6] *Chem. Soc.*, 1949, p. 604.

[7] Fonteyne et Van der Hende, *Chem. Abstr.*, **38**, 1944, p. 5200.

[8] Hatch et Ballin, *J. Amer. Chem. Soc.*, **71**, 1949, p. 1039; Hatch et Hudson, *id.*, **72**, 1950, p. 2505.

[9] Je viens seulement d'avoir connaissance par les *Chemical Abstracts* du 25 août 1952 d'un travail de Dohnal et Hudlický (publié dans *Chem. Listy*, **45**, 1951, p. 452) portant également sur la préparation de l'aldéhyde et de l'acide β-chlorocrotonique.

MÉTÉOROLOGIE. — *Sur le rôle de la vapeur d'eau dans l'alimentation des anticyclones.* Note de M. **Jean Roulleau**, présentée par M. André Danjon.

On sait que, dans les basses couches de l'atmosphère, le vent n'est pas parallèle aux isobares, par suite de l'influence des effets de frottement dus à la surface du globe terrestre. Il en résulte une perte continue de masse dans les anticyclones; mais comme ceux-ci peuvent persister pendant plusieurs jours sans manifester d'affaiblissement sensible, il faut admettre que cette « fuite » est compensée par un apport continu (si cet apport est supérieur à la fuite, l'anticyclone est en cours de croissance; dans le cas contraire, il est en cours de disparition).

Pour expliquer le mécanisme de cette alimentation, on fait généralement appel au non-parallélisme du vent et des isobares dans la haute troposphère, par suite, soit de l'existence de vent isallobarique, soit de l'influence des gradients horizontaux de vitesse du vent, l'une ou l'autre de ces causes ayant pour effet d'introduire une composante du vent perpendiculaire aux isobares.

Mais il semble que l'on n'ait pas porté suffisamment d'attention, surtout dans le cas des anticyclones océaniques, à la masse de vapeur d'eau introduite dans l'atmosphère par évaporation. Il est facile de montrer en effet que cette masse, diminuée de celle des précipitations, est du même ordre de grandeur que la masse perdue par la fuite des couches inférieures.

Les mesures directes d'évaporation et de fuite faisant défaut, nous avons été conduit à évaluer ces deux quantités à l'aide de formules théoriques. L'apport dû à l'évaporation a été calculé à l'aide de la formule de Thornthwaite et Holzman ([1])

$$\frac{dm}{dt} = \frac{4,42.10^{-9}(f_1 - f_2)(u_2 - u_1)}{T},$$

où dm/dt, f, u, T représentent respectivement la masse d'eau évaporée par unités de temps et de surface, la tension de vapeur d'eau, la vitesse du vent, la température absolue, et les indices 1 et 2 se rapportant à des altitudes de 0,6 et 8,6 m.; toutes les grandeurs dimensionnelles sont exprimées en unités C. G. S.

La fuite inférieure de l'anticyclone a été calculée à l'aide de la théorie de Taylor ([2]) sur la turbulence atmosphérique

$$\frac{dm'}{dt} = \frac{\sin 2\alpha}{2\sqrt{\frac{\omega \sin \varphi}{K}}} G$$

([1]) *Month. Weath. Rev.*, 67, 1939, p. 4.

([2]) D. Brunt, *Physical and Dynamical Meteorology* (Cambridge University Press., 1934, p. 256.)

où dm'/dt, α, G, ω, φ et K représentent respectivement la masse perdue par unités de temps et de longueur, l'angle du vent avec les isobares, la vitesse du vent du gradient, la vitesse angulaire de rotation de la Terre, la latitude et le coefficient de diffusion turbulente.

La comparaison numérique de la fuite et de l'apport dû à l'évaporation a été faite à l'aide des valeurs de α données par Gordon ([3]).

Nous avons étudié plusieurs anticyclones, tous situés sur l'Atlantique Nord, à l'intérieur desquels les précipitations étaient négligeables. On constate dans tous les cas que les masses m et m' sont du même ordre de grandeur.

Par exemple, l'anticyclone du 16 au 25 juillet 1932 conduit en prenant pour K la valeur 7.10^3, à un rapport m/m' compris entre 0,2 et 0,6, m et m' étant comptés respectivement à l'intérieur et le long de l'isobare 1025 mb.

Pour un anticyclone dont la position était assez stable pour qu'on puisse tracer entre les isobares 1015 et 1020 mb une ligne de variation de pression nulle au cours de 3 jours (20 au 22 mars 1934), le rapport m/m' reste constamment égal à 1, en prenant pour K la même valeur que précédemment.

L'incertitude qui règne sur les valeurs numériques de α et de K, aussi bien que sur l'exactitude de la théorie de Taylor et la validité, en valeur instantanée, de la formule de Thornthwaite et Holzman, ne permet pas d'attacher une grande importance, dans le dernier cas, à cette coïncidence entre les valeurs de m et m'. Il apparaît cependant comme certain que la vapeur d'eau joue au moins un rôle très important dans la formation et l'entretien des anticyclones océaniques.

CHIMIE VÉGÉTALE. — *Contribution à l'étude des substances insaponifiables des huiles de graines de Crucifères.* Note de M. **Émile André** et M[lle] **Monique Maille** présentée par M. Delépine.

La détermination quantitative des substances insaponifiables contenues dans une graisse ou une huile est une opération longue et délicate dont le résultat est assez souvent incertain. Pour atténuer les divergences constatées entre les données analytiques provenant de laboratoires différents, la « Commission Internationale pour l'étude des matières grasses » a fixé en détail deux modes opératoires basés sur le même principe, mais différant entre eux par une particularité importante. Le principe consiste à épuiser par un solvant organique volatil, non miscible, une solution hydroalcoolique de savon de potasse préparée avec la graisse ou l'huile examinée. Dans le premier procédé, on utilise comme solvant l'éther de pétrole léger (É 40-60°); dans le second, on emploie l'éther ordinaire

---

([3]) *Atti del convegno internazionale di Meteorologia Marittima Milano*, 1952, p. 49.

(D. 0,720-0,724). Le plus ancien des deux est le procédé à l'éther ordinaire, proposé en 1881 par Allen et Thompson [1], la variante à l'éther de pétrole remonte à 1891, elle est due à Hönig et Spitz [2].

Il y a longtemps que l'on s'est aperçu que les deux méthodes ne donnent que rarement des résultats concordants, en particulier dans le cas des huiles de poissons employées dans les industries du cuir. Avec les huiles végétales, cet inconvénient serait, dit-on, moins à craindre. La « Commission internationale » a pris soin cependant de faire imprimer la remarque suivante : Les certificats d'analyse devront mentionner la méthode employée. Il serait désirable que les contrats du commerce spécifient la méthode qui devra être utilisée.

Désireux d'aborder l'étude des substances insaponifiables des huiles de graines de Crucifères, nous avons appliqué les deux « méthodes officielles » à une huile de colza préparée par pression au laboratoire à partir de graines de récolte récente (variété Lembke-Alsace). Dès l'abord, nous avons reconnu que la méthode à l'éther sulfurique, soigneusement appliquée, donne des résultats satisfaisants. Nous avons obtenu : matières insaponifiables 1,1 %, résultat enregistré cinq fois. Ajoutons toutefois que nous avons constaté des écarts allant de 1,0 au plus bas à 1,2 % au plus haut. On est donc en droit d'admettre qu'un opérateur soigneux peut obtenir des résultats concordants.

La méthode à l'éther de pétrole nous a fourni des résultats toujours inférieurs aux précédents, ils se tenaient approximativement autour de 0,50 g %; une fois cependant nous avons enregistré 0,75 g.

L'aspect des substances extraites par l'un ou l'autre procédé est très différent. Celles qui proviennent de l'éther de pétrole sont à peine colorées et nettement cristallisées en longues aiguilles; au contraire, celles qui proviennent de l'éther ordinaire sont jaune orangé foncé (caroténoïdes); leur aspect cristallin est beaucoup moins net.

Nous avons voulu vérifier si la solution hydroalcoolique de savons épuisée (?) par l'éther de pétrole céderait à l'éther ordinaire les substances retenues par elle. Ce deuxième traitement nous a permis de retirer une nouvelle quantité d'insaponifiables. La somme des deux extraits atteint sensiblement la quantité que l'on peut extraire en appliquant d'emblée l'éther sulfurique. Le traitement double permet de scinder en deux fractions d'aspect et de consistance différents les substances extraites; il peut présenter des avantages si l'on désire pousser plus avant leur étude.

Lorsqu'on a épuisé par l'éther la solution hydroalcoolique de savons, dans quelle mesure peut-on affirmer qu'elle ne contient plus de matières

---

(1) *Chem. News*, **43**, 1881, p. 267.

(2) *Z. Angew. Chem.*, **19**, 1892, p. 565.

insaponifiables et que l'on a opéré un dosage rigoureux ? A notre connaissance, cette question ne paraît pas avoir été abordée jusqu'ici : après avoir chauffé doucement au bain-marie la solution savonneuse épuisée (?), pour chasser l'éther qu'elle contient, on la porte à l'ébullition et on y ajoute un excès d'acétate de baryum en solution aqueuse. Le précipité de savons de baryum recueilli et lavé est séché à l'étuve. On l'épuise ensuite par l'acétone dans une allonge de Soxhlet. L'extrait obtenu contient une petite quantité de savons de baryum en même temps que les insaponifiables qui auraient échappé au traitement antérieur. Pour en éliminer le baryum, on le traite à plusieurs reprises, à chaud, par l'acide chlorhydrique dilué. Le mélange d'acides gras et d'insaponifiables surnageant est lavé plusieurs fois à l'eau distillée bouillante; on le traite ensuite à l'ébullition à reflux par une solution hydroalcoolique de potasse. La nouvelle solution savonneuse (fort peu savonneuse) est finalement épuisée par l'éther. A partir de l'huile de colza étudiée nous avons pu, par ce procédé, récupérer encore de 0,7 à 0,8 % de substances insaponifiables. Ajoutées à celles déjà extraites, elles portent à 1,9 % la quantité totale contenue dans le produit mis en œuvre. Cet insaponifiable « résistant » se présente sous la forme d'une huile semi-fluide, trouble de couleur brun jaune.

En résumé, nous avons pu, en appliquant la technique indiquée dans la présente Note, scinder en trois fractions les substances insaponifiables contenues dans l'huile de colza. Ce sont : 1° substances que l'on peut extraire d'une solution hydroalcoolique de savons de potasse par agitation à l'éther de pétrole; 2° substances non extractibles par l'éther de pétrole mais qui peuvent être extraites par l'éther ordinaire et 3° enfin, substances opiniâtrement retenues par la solution savonneuse, mais que l'on peut récupérer en éliminant à l'état de savons de baryum insolubles la plus grande partie des savons de potasse. Nous croyons pouvoir affirmer dès maintenant que ce fractionnement préalable est susceptible de faciliter grandement l'étude de ces substances.

PHYSIOLOGIE. — *Le « Syndrome héréditaire d'obésité-diabète » de la Souris.*

Note de M. **Jean Mayer**, présentée par M. André Mayer.

Le « syndrome héréditaire d'obésité-diabète » de la Souris est un syndrome mendélien récessif, caractérisé par un poids deux ou trois fois supérieur au poids normal [1], l'excès de poids étant presque entièrement constitué par des graisses neutres, et par une nette hyperglycémie [2], [3]. Les

(1) A. M. Ingalls, M. M. Dickie et G. D. Snell, *J. Heredity*, 41, 1950, p. 317.
(2) J. Mayer, M. W. Bates, J. J. Vitale et M. M. Dickie, *Science*, 113, 1951, p. 745.
(3) J. Mayer, M. W. Bates et M. M. Dickie, *Science*, 113, 1951, p. 746.

souris obèses consomment en moyenne 25 % de plus de calories que les souris normales de la même souche (« non obèses ») [2]. Si elles ont le choix entre sucres, graisses et protides, elles consomment beaucoup plus de graisses et beaucoup moins d'hydrates de carbone que les souris non obèses [2]. Les souris obèses sont stériles. Leur espérance de vie est réduite. Elles présentent fréquemment des ulcères cutanés et des zones de gangrène superficielle [4]. Dix à onze semaines environ après leur naissance, elles développent une hyperglycémie de l'ordre de 300 mg/100 cm^3 et une glucosurie de l'ordre de 3 à 7 % [3]. Ce diabète est extrêmement résistant à l'insuline, mais est très sensible à la quantité et à la nature de la ration alimentaire [3], [5]. La seule lésion histologique significative du point de vue endocrinologique est une hypertrophie considérable des ilôts de Langerhans [4]. Les surrénales, en particulier, apparaissent normales. Les animaux obèses supportent bien l'adrénalectomie double et, s'ils montrent un abaissement du taux de glycémie, ils continuent cependant à augmenter de poids pourvu qu'ils reçoivent un supplément de sel. Par contre, la pancréatectomie totale ou subtotale leur est immédiatement fatale [5]. Leur consommation totale d'oxygène, mesurée dans les conditions de base, n'est pas supérieure à celle des animaux non obèses [6]. Le quotient respiratoire est normal à jeun, anormalement élevé après ingestion de glucose. Le poids et l'intensité des échanges respiratoires des souris obèses sont particulièrement sensibles à l'administration de la thyroxine [3], [6]. Le métabolisme de la thyroïde est cependant normal, le taux d'incorporation d'iode radioactif et la résistance à l'anoxie étant du même ordre que pour les animaux non obèses [7]. L'apparence d'hypométabolisme est due à l'extrême inertie métabolique des tissus adipeux. Les animaux obèses sont extrêmement inactifs [8]. L'inactivité précède le développement de l'obésité et constitue, avec l'hyperphagie et l'inertie métabolique des graisses de dépôt, un des facteurs étiologiques du développement de l'obésité. Les souris obèses ne supportent pas certains traitements hormonaux [5] (corticotropine, stilberstrol et thyroxine, etc.), diététiques [5], (supplément de vitamines B élevé, rations à taux de graisse considérables), ou physiologique (froid) [9], que les souris non obèses supportent aisément. Les souris obèses oxydent l'acide acétique injecté ou ingéré moins rapidement que les souris non

---

[4] V. R. BLEISCH, J. MAYER et M. M. DICKIE, *Amer. J. Pathol.*, 28, 1952, p. 369.

[5] J. MAYER, R. E. RUSSEL, M. W. BATES et M. M. DICKIE, *Metabolism*, septembre 1952.

[6] J. MAYER, R. E. RUSSEL, M. W. BATES et M. M. DICKIE, *Endocrinology*, 50, 1952, p. 318.

[7] R. C. GOLDBERG et J. MAYER, *Proc. Soc. Exp. Biol. Med.* (sous presse).

[8] J. MAYER, *Science* (sous presse).

[9] J. MAYER et M. W. BATES (sous presse).

obèses ([10]). La fraction non oxydée est transformée pour la plus grande partie en acides gras, pour une moindre part en cholestérol. Les animaux obèses sont très sensibles à l'action de préparations diabétogènes d'hormones de croissance hypophysaire ([5]). Le diabète semble être un bloquage de l'hexokinase par l'hormone diabétogène de l'hypophyse ou du pancréas (sécrétée sous l'influence de l'hypophyse), ce bloquage secondaire étant rendu possible par le bloquage génétique primaire de l'oxydation de l'acétate. Il a été possible d'expliquer ainsi l'hyperphagie des souris obèses ([11]), dans le cadre de la théorie glucostatique de la régulation de l'appétit ([12]), ([13]), ([14]), ([15]), ([16]). Le mécanisme de cette hyperphagie semble être en partie différent de celui de l'hyperphagie hypothalamique ([17]).

CHIMIE PHYSIOLOGIQUE. — *Action des phosphates et des esters phosphoriques sur la minéralisation du cartilage ossifiable par l'acide adénosinetriphosphorique.* Note de MM. **Michel Polonovski** et **Jacques Picard**, présentée par M. Maurice Javillier.

Avec P. Cartier l'un de nous a montré l'existence d'un mécanisme enzymatique réalisant une minéralisation intense du cartilage ossifiable aux dépens de l'acide adénosinetriphosphorique (A. T. P.) ([1]). Celui-ci est transformé en acide adénylique et son groupement pyrophosphorique terminal se fixe sur le cartilage à l'état de pyrophosphate de calcium. Cette réaction qui permet *in vitro* une minéralisation très importante du cartilage ossifiable ne participe pas directement à la précipitation initiale du *sel de l'os*. Car il n'a jamais été possible, même dans les stades les plus précoces de la minéralisation des tissus osseux (os embryonnaire, os néoformé), de mettre en évidence la présence de pyrophosphate de calcium. Sans doute, ce dernier est-il hydrolysé par la phosphatase osseuse (douée d'activité pyrophosphatasique), mais il n'est guère probable, que le phosphate tricalcique dérive de cette hydrolyse.

Nous avons pensé que la fixation de pyrophosphate dans le stade initial de l'ossification pouvait favoriser la précipitation ultérieure de phosphate tri-

([10]) K. Guggenheim et J. Mayer, *J. Biol. Chem.*, 198, 1952, p. 259.
([11]) J. Mayer, *New England Med. Cent. Bull.*, 14, 1952, p. 43.
([12]) J. Mayer, *Comptes rendus*, 232, 1951, p. 652.
([13]) J. Mayer, *Comptes rendus*, 232, 1951, p. 753.
([14]) J. Mayer, J. J. Vitale et M. W. Bates, *Nature*, 167, 1951, p. 567.
([15]) J. Mayer et M. W. Bates, *Amer. J. Physiol.*, 168, 1952, p. 812.
([16]) J. Mayer et M. W. Bates, *Fed. Proc.*, 11, 1952, p. 436.
([17]) J. Mayer, M. W. Bates, T. B. Van Itallie, *Metabolism*, 1, 1952, p. 340.

([1]) M. Polonovski et P. Cartier, *Comptes rendus*, 232, 1951, p. 119; P. Cartier, *Thèse Doctorat ès Sciences*, Paris, 1952.

calcique aux dépens, soit des orthophosphates, soit des esters phosphoriques formés au cours du catabolisme glucidique et secondairement hydrolysés par la phosphatase osseuse.

Selon la technique précédemment décrite, nous avons minéralisé des coupes de cartilage ossifiable d'embryons de mouton dans des solutions renfermant des orthophosphates en présence de concentrations variables en A. T. P. et comparé cette minéralisation avec celle que l'on obtient dans les mêmes conditions avec l'A. T. P. ou avec les orthophosphates seuls.

En milligrammes pour 100 cm³ de solution de Robison.			Phosphore			
Ca	PO_4^{---}	A.T.P.	total.	des pyro-phosphates.	des ortho-phosphates.	$\frac{P_{PO_4^{---}}}{P_{PP}} \times 100$.
20	10	0	23	0	23	–
20	0	1	50	47	3	6
20	10	1	204	121	83	41
20	0	2	204	179	25	12
20	10	2	472	269	203	43
20	0	5	426	347	79	18
20	10	5	568	308	260	46
20	0	10	662	549	113	17
20	10	10	767	460	307	40

Les résultats obtenus avec des esters phosphoriques, *glucose-1-phosphate*, *acide phospho-2-glycérique*, ou *β-glycérophosphate*, sont analogues. Introduits dans la solution minéralisante en présence de faibles concentrations d'A. T. P., ils augmentent très fortement la minéralisation des coupes.

Ainsi les orthophosphates ou les esters phosphoriques, sans action lorsqu'ils représentent la seule source phosphorique, sont capables de participer à la minéralisation du cartilage lorsqu'on les met en présence d'A. T. P. même en faible concentration. Dans ces conditions le rapport $P_{PO_4^{---}}/P_{total}$ des coupes s'élève à peu près de 50 %. Autrement dit, alors qu'avec l'A. T. P. seul le dépôt minéral est constitué pour plus de 80 % par du pyrophosphate de Ca, l'addition à ce même milieu de PO_4^{---} ou de ses esters phosphoriques accroît la minéralisation et favorise la précipitation de phosphate tricalcique $(PO_4)_2Ca_3$.

Ainsi pourrait s'expliquer le rôle fonctionnel de la phosphatase au cours de la minéralisation : ou bien les esters phosphoriques seraient à l'origine d'un mécanisme de recharge de l'A. T. P. ou bien plutôt le dépôt de pyrophosphates sur le cartilage provoquerait l'apparition de propriétés calcaffines de la matrice préosseuse. Le complexe formé favoriserait la précipitation de phosphate tricalcique, à partir des phosphates et d'esters phosphoriques du milieu : le déplacement de l'équilibre de solubilité, invoqué par Robison pour expliquer la minéralisation du tissu osseux, ne serait que la conséquence de ce phénomène physiologique.

BIOLOGIE EXPÉRIMENTALE. — *L'achèvement de la métamorphose et la mue imaginale seraient commandés par le cerveau à la fin de la vie larvaire chez* Bombyx mori *L.* Note de M. **Jean-Jacques Bounhiol**, présentée par M. Maurice Caullery.

Chez *Platysamia cecropia*, L., C. M. Williams (1942-1948) a découvert l'action combinée des facteurs externes (température) et des facteurs internes (cerveau, glande thoracique de Toyama) dans la rupture de la diapause chrysalidaire. Du même coup, il a mis en évidence le rôle de ces organes dans l'achèvement de la métamorphose de ces grands Lépidoptères.

Williams estime que ses devanciers, depuis Kopec (1922), n'ont pas envisagé d'intervention spéciale du cerveau dans le développement de l'imago, parce qu'ils ont exclusivement expérimenté sur des chenilles de Lépidoptères sans diapause chrysalidaire. Et il suppose (1946), contrairement à l'opinion plus ou moins explicitée des continuateurs de Kopec, que, chez les Insectes sans diapause chrysalidaire, une incitation spéciale pour la mue imaginale est fournie aussi par le cerveau, mais probablement avant la pupaison.

Les recherches ici résumées ont eu pour but de préciser le moment où le cerveau intervient efficacement dans le développement de l'imago et (dans une deuxième publication), la nature de cette intervention. Elles consistent en des ablations de cerveau pratiquées sur des vers à soie, depuis la fin de la période d'alimentation jusqu'à la prénymphose. Cet intervalle de temps (5 à 6 jours suivant les races et les conditions de rapidité des élevages) peut se subdiviser en stades de durée variable d'après l'aspect et le comportement de l'animal (opacité ou translucidité du corps, degré d'avancement du filage, etc.).

Les 99 vers opérés dans ces conditions ont fourni 96 chrysalides. Les cas de développement imaginal complet ou partiel dans ces chrysalides se répartissent, suivant le stade atteint par le ver lors de l'opération, de la façon suivante qui met en évidence un stade critique spécial au début du filage :

A. *Vers opérés depuis 1 ou 2 jours avant la « montée » jusqu'au début du filage du cocon* (le contour de ce dernier étant juste visible). — Aucune des 38 chrysalides obtenues n'a fourni de Papillon. Six de ces nymphes ont vécu, anormalement, plus longtemps que les témoins, sans se transformer (chrysalides persistantes, définitives).

B. *Vers opérés depuis le stade du cocon transparent jusqu'au stade de prénymphe* (12 *à* 24 h) *avant la mue chrysalidaire.* — Parmi les 58 chrysalides obtenues, 23 ont évolué et sont devenues des Papillons complets (39,5 %); 5 n'ont abouti qu'à des imagos incomplètes.

Dans certaines séries, la proportion des imagos atteint les 3/4 des chrysalides (série n° 80), voire 4/5 (n°s 86 et 92).

Remarques. — 1. Les expériences ont été réalisées sur des vers de la race indigène et des vers des deux générations de la race Awojiku bivoltine, élevés de façon normale ou de façon accélérée. Les résultats furent superposables, les opérés étant classés, non pas d'après leur âge en jours, mais d'après le stade atteint dans l'échelle morphologique adoptée.

2. Puisque le stade critique mis en évidence se situe après le début du filage (en vérité, bien peu après : après confection du filet suspenseur et de la couche limitante externe du cocon) et que les vers ne filent plus après décérébration, il importait de savoir si la rétention de la sécrétion soyeuse n'entravait pas le développement imaginal. Dans ce but, une expérimentation importante a été entreprise sur plusieurs espèces par un de mes collaborateurs, mais, dès maintenant, il ressort d'essais personnels que les vers à soie privés, avant même l'époque de la montée, de la possibilité d'éliminer leur soie, par cautérisation élective de leur filière, donnent un nombre d'imagos important, analogue à celui fourni par les vers cautérisés plus tardivement.

En résumé, chez le Bombyx du Mûrier, Lépidoptère sans diapause chrysalidaire, les deux phases de la métamorphose : formation de la pupe et formation de l'imago, sont commandées séparément par le cerveau, à la fin de la vie larvaire; la première, au début de la période d'alimentation facultative, la deuxième quelques jours après, au début du filage du cocon.

La séance est levée à 15 h 50 m.

R. C.



ACADÉMIE DES SCIENCES.

SÉANCE DU LUNDI 6 OCTOBRE 1952.

PRÉSIDENCE DE M. AUGUSTE CHEVALIER.

MÉMOIRES ET COMMUNICATIONS
DES MEMBRES ET DES CORRESPONDANTS DE L'ACADÉMIE.

M. le **PRÉSIDENT** souhaite la bienvenue à MM. **MANNE SIEGBAHN**, Correspondant de l'Académie, Directeur de l'Institut Nobel de physique, **E. T. JONES** et **A. S. HARTSHORN**, Représentants scientifiques du Ministère de l'Air britannique, qui assistent à la séance.

M. **ÉMILE BOREL** rend compte à l'Académie de l'Assemblée générale du **CONSEIL INTERNATIONAL DES UNIONS SCIENTIFIQUES** qui a eu lieu à Amsterdam, du 1er au 3 octobre 1952. Au cours de cette Assemblée, les Membres du Comité exécutif dont les mandats étaient expirés ont été remplacés. C'était le cas pour le poste de Vice-Président qu'il occupait. La France sera représentée dorénavant dans le Comité par M. **JOSEPH PÉRÈS**.

M. **ANDRÉ DANJON** rend brièvement compte de la VIIIe Assemblée générale de l'Union Astronomique tenue à Rome du 4 au 13 septembre 1952 (1).

Cette Assemblée réunissait plus de 330 astronomes appartenant à 35 nations. La délégation française comprenait un nombre relativement élevé de jeunes astronomes, dont les communications ont été fort appréciées. D'une manière générale, la contribution de la France a été importante, au cours, tant des débats des Commissions que des trois Symposiums organisés en marge de l'Assemblée.

L'un de ces Symposiums, consacré aux instruments et aux techniques astronomiques, et dont l'organisation avait été confiée à M. André Couder, a mis en évidence la valeur des travaux français dans ce vaste domaine.

Parmi les manifestations extérieures du Congrès qui ont suscité le plus vif intérêt, il convient de mentionner la visite de la Specola Vaticana, à Castel-Gandolfo, et l'allocution consacrée par Pie XII aux développements récents de l'Astronomie.

---

(1) Séance du 29 septembre 1952.

M. **Auguste Chevalier** faisant hommage à l'Académie de deux publications, s'exprime en ces termes :

La première est *Le Tabac* dont je suis l'auteur en collaboration avec H. F. Emmanuel, attaché aux Services de recherches de la Régie des Tabacs, publiée il y a quelques années par les Presses Universitaires de France dans la Collection « Que sais-je ? » Ce petit livre vient d'être publié en japonais par les soins des Éditeurs. Il est entièrement composé en caractères japonais. Je crois savoir que d'autres ouvrages de la même collection seront publiés dans des conditions identiques.

La seconde publication est *La Revue internationale de Botanique appliquée et d'Agriculture tropicale* dont je suis l'éditeur et qui est sur le point d'entrer dans sa 33e année. Dans le n° 357-358 qui vient de paraître est publié un long article de H. Ménager : *Les Eucalyptus dans le Gharb* (Maroc occidental) de 47 pages. Ce qui fait l'originalité de ce numéro, c'est que l'article de M. H. Ménager est imprimé sur papier d'*Eucalyptus rostrata* du Maroc, fabriqué aux Papeteries de Condat, Usine Progil à Condat-sur-Dordogne. On voit combien ce papier s'est bien comporté. Les dessins à la plume qui représentent une dizaine de planches dus à M. R. Sillans sont remarquablement venus. En Australie, le papier d'*Eucalyptus* est déjà très utilisé. Au Maroc, M. H. Ménager possède déjà, dans le Gharb, une plantation d'environ 4 000 ha d'*Eucalyptus* divers. L'administration forestière et plusieurs colons en font aussi des plantations et dans quelques années il existera, dans ce pays, environ 40 000 ha d'espèces de ce genre qui seront utilisés, non seulement en papeterie, mais pour faire aussi de la cellulose. On vient aussi de tenter la culture de ces arbres qui croissent très vite dans le Sud de la Gironde et dans les parties des Landes dévastées par les incendies de forêts de Pin maritime.

EMBRYOGÉNIE VÉGÉTALE. — *Embryogénie des Ombellifères. Développement de l'embryon chez l'*Astrantia major *L.* Note de M. **René Souèges**.

L'*Astrantia major* est la première espèce chez laquelle on puisse, chez les Ombellifères, définir nettement les lois du développement embryonnaire. Cette espèce, par sa tétrade et son proembryon octocellulaire s'apparente au *Geum urbanum*, plus particulièrement au *Viola tricolor*, et diffère, par la régularité de ses formes, de toutes les autres Ombellifères examinées jusqu'à ce jour.

En 1926 et 1930 (¹) j'essayais, en m'adressant au *Carum Carvi* L. et au *Pimpinella Saxifraga* L., « de comprendre quelque chose au désordre des

(¹) R. Souèges, *Comptes rendus*, **182**, 1926, p. 339; *Bull. Soc. bot. Fr.*, 77, 1930, p. 494.

segmentations » que F. Hegelmaier ([2]) avait remarqué dans ses recherches embryogéniques sur le *Petroselinum sativum* Hoffm. et le *Carum Bulbocastanum* Koch. Il s'agissait de trouver « une formule capable de donner la clé véritable des processus du développement de l'embryon » chez les Ombelli-

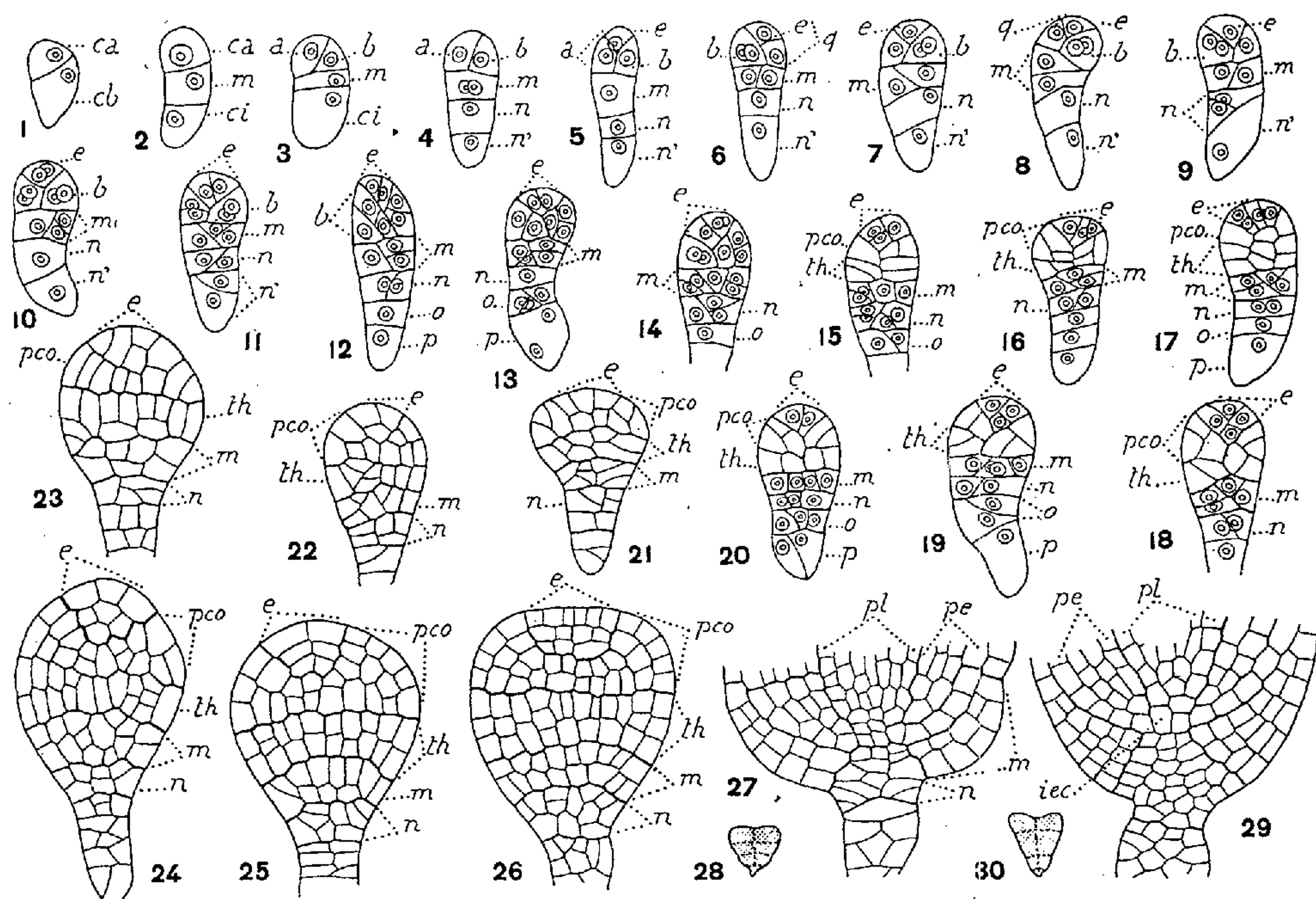


Fig. 1 à 30. — *Astrantia major* L. — Les principaux termes du développement de l'embryon. *ca* et *cb*, cellules apicale et basale du proembryon bicellulaire; *m*, cellule-fille supérieure de *cb* ou rudiment de la racine; *ci*, cellule-fille inférieure de *cb*; *n*, cellule-fille supérieure de *ci* ou partie centrale de la coiffe; *n'*, cellule-fille inférieure de *ci* ou suspenseur; *a* et *b*, cellules-filles de *ca*; *e*, épiphyse; *q*, quadrants; *pco*, partie cotylée *s. stricto*; *th*, tige hypocotylée; *pe*, périblème; *pl*, plérome; *iec*, initiale de l'écorce de la racine. En 28 et 30, schéma général des formes d'où sont tirés les détails des figures 27 et 29. G. = 300.

fères. Il ne s'est pas dégagé de ces premières recherches des lois donnant pleinement satisfaction à l'esprit. Celles qui ont été énoncées plus tard, au sujet du *Daucus Carota* L. ([3]) et de l'*Apium inundatum* Reichb. ([4]), ont apporté quelque éclaircissement, mais, étant donné la variabilité des jeunes formes embryonnaires, elles manquaient de solides fondements et ne pouvaient avoir la moindre portée générale.

L'*Astrantia major*, avec ses formes 4 et 8 cellulaires, régulières et constantes,

---

([2]) F. Hegelmaier, *Vergleichende Untersuch. über Entwicklung dikotyl. Keime*, Stuttgart, 1878, p. 132.

([3]) H. A. Borthwick, *Bot. Gazet.*, **92**, 1931, p. 23.

([4]) R. Souèges, *Comptes rendus*, **220**, 1945, p. 128.

nous livre aujourd'hui une formule précise qui, s'écartant, contre toute attente, de celles que l'on avait précédemment émises, pose, pour les Ombellifères, un problème d'embryogénie comparée quelque peu embarrassant, sûrement très complexe.

Les figures 1 à 6 montrent comment s'édifient une tétrade B_2 avec ses deux cellules supérieures inégales, *a* et *b* juxtaposées, et, par bipartition des éléments de cette tétrade, un proembryon octocellulaire à 4 étages, *q*, *m*, *n* et *n'*, comportant 4 quadrants en tétraèdre dont l'un, au sommet, fonctionne comme épiphyse. Ce proembryon reproduit exactement celui qui a été observé chez le *Geum urbanum*. On remarquera que les cloisons qui se succèdent dans ce proembryon ne sont pas normales l'une à l'autre, mais prennent des directions inclinées qui donnent à la plupart des formes un aspect très irrégulier.

Dans la série des figures 9 à 24, on peut voir aisément comment procèdent les divisions dans l'épiphyse. Dans les trois quadrants sous-épiphysaires (*fig.* 9), il est plus difficile de suivre leur succession. Le quadrant, frère de *e* (*fig.* 10), se cloisonne d'abord longitudinalement; il en résulte quatre cellules circumaxiales qui prennent des parois diversement inclinées (*fig.* 12 à 16) auxquelles succèdent, à un moment donné, des parois à direction horizontale qui font apparaître deux couches cellulaires plus ou moins régulières (*pco* et *th*, *fig.* 16, 19).

Ces assises se montrent, aux stades suivants, de mieux en mieux séparées (*fig.* 20, 21, 22, 23) et donnent finalement naissance, l'une, au-dessous de l'épiphyse, à la partie cotylée proprement dite, l'autre, à la portion supérieure de l'hypocotyle ou rudiment de la tige hypocotylée. Au moment de la naissance des cotylédons, des cellules de cette dernière région, *th*, se disposent régulièrement et s'organisent en un périblème et un plérome bien distincts. A ce même moment, le dermatogène se montre bien différencié sur tout le pourtour de l'embryon proprement dit.

Les deux blastomères juxtaposés, en *m* (*fig.* 6, 7, 9), engendrent par segmentations obliques un massif cellulaire d'où tire origine la partie inférieure de l'hypocotyle, autrement dit le rudiment de la racine, avec les initiales de cet organe. En 26, 27, 29, les cellules périphériques de cette région se cloisonnent tangentiellement pour engendrer les portions latérales de la coiffe.

Dans les mêmes figures, on peut se rendre compte du mode de segmentation de l'élément *n* (*fig.* 5 à 8), qui, par cloisonnements obliques, produit, à la base de l'embryon proprement dit, un groupe cellulaire représentant la partie médiane de la coiffe. L'élément *n'* se partage tranversalement en deux cellules superposées *o* et *p* (*fig.* 12, 17); il engendre finalement au suspenseur plus ou moins allongé dont la figure 24 reproduit la forme générale.

Les lois qui président au développement de l'embryon chez l'*Astrantia major* sont nettes et assez précises. Ces lois démontrent que l'espèce se range dans la première période de la classification embryogénique, qu'elle appartient au deuxième groupe et au mégarchétype III, qu'elle vient occuper la case où a déjà pris place le *Viola tricolor* L. Elle diffère profondément du *Daucus Carota* et de l'*Apium inundatum*, qui, possédant une tétrade première et une tétrade seconde en C_2, se rattachent au onzième groupe embryogénique dans la deuxième période.

Dans quelques cas, chez le *Carum Carvi*, le proembryon offre, au sommet, quatre éléments en disposition tétraédrique, mais le mode de construction de ces formes n'est nullement comparable à celui du proembryon octocellulaire de l'*Astrantia*. Chez le *Pimpinella Saxifraga*, en outre, quelques individus ont été observés rappelant, par la disposition de leurs éléments, les proembryons 4 et 8 cellulaires de la Grande-Radiaire; mais ces individus se sont montrés de manière exceptionnelle parmi un grand nombre d'autres de construction très irrégulière. Il y a là néanmoins des termes de raprochement qu'il convient de signaler.

Dès maintenant on peut, chez les Ombellifères, distinguer deux catégories de formes : 1° celles qui, dérivant d'une tétrade en C_2 et de proembryons à six, sept ou huit étages, se rangent dans la première ou la deuxième période du système; 2° celles qui, se rattachant à une tétrade en B_2 et, d'une manière constante, à un proembryon à quatre étages, type du *Geum*, prennent place dans la première période. Ce partage des formes viendrait à l'appui de l'opinion émise par certains systématiciens [5], d'après laquelle les Ombellifères tireraient origine d'un plexus caliciflore, souche primitive d'où se seraient détachées deux branches, les Ombellales d'une part, les Rubiales de l'autre.

MÉCANIQUE DES FLUIDES. — *Quelques considérations sur les canons sans recul et les projectiles à charge creuse*. Note de M. **Dimitri Riabouchinsky**.

L'auteur retrace succinctement les étapes de l'application du canon sans recul et de ses dérivés et donne comme éléments inédits la courbe des vitesses initiales du projectile d'un canon sans recul en fonction du rapport du poids de la charge à celui du projectile et la corrélation entre la théorie de l'enfoncement d'un pieu par une charge massive d'explosif et la théorie des projectiles à charge creuse avec cône métallique.

Ces dernières années la presse mondiale a prêté beaucoup d'attention au canon dit sans recul. Des canons sans rayures, mais basés sur le même principe, appelés *bazooka* aux États-Unis et *Panzerfaust* ou *Panzerschreck* en Allemagne, ont été utilisés depuis 1942 pour le lancement contre les tanks de projectiles à charge creuse.

Qu'il me soit permis de rappeler que j'ai conçu et réalisé le premier canon sans recul de ce genre, pendant la première guerre mondiale, à l'Institut Aérodynamique de Koutchino, qui avait été militarisé et où l'on poursuivait, sous ma direction, des recherches utiles à la défense nationale. Les figures 1 et 2 reproduisent deux photographies datant de 1916 de mon canon, respectivement sur son support et porté par un fantassin

(5) *Voir* H. S. Jurica, *Bot. Gazet.*, 74, 1922, p. 300.

russe. Ce canon pesait, avec son support, 7 kg et une charge de 400 g de poudre noire, contenue dans une cartouche et enflammée par un détona-



fig.1



fig.2

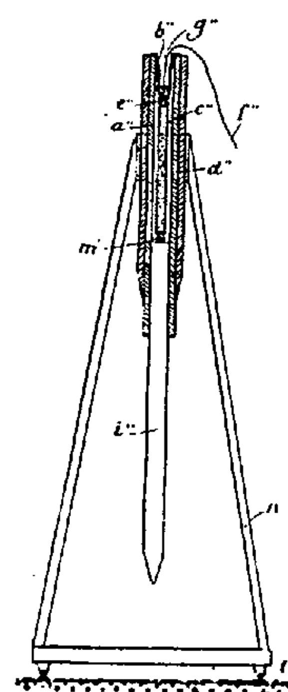


fig.3

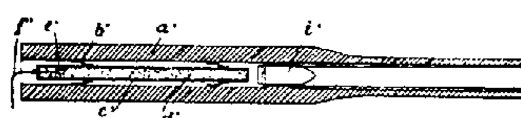
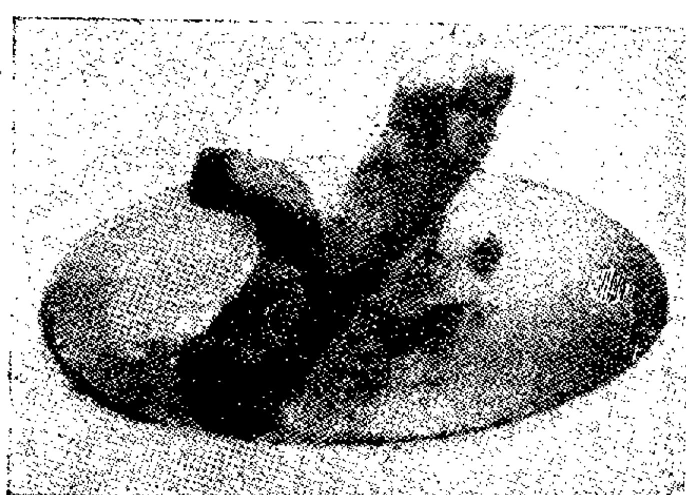


fig.4



fig.5



Disque volant pour expériences sur les ricochets.

fig.6

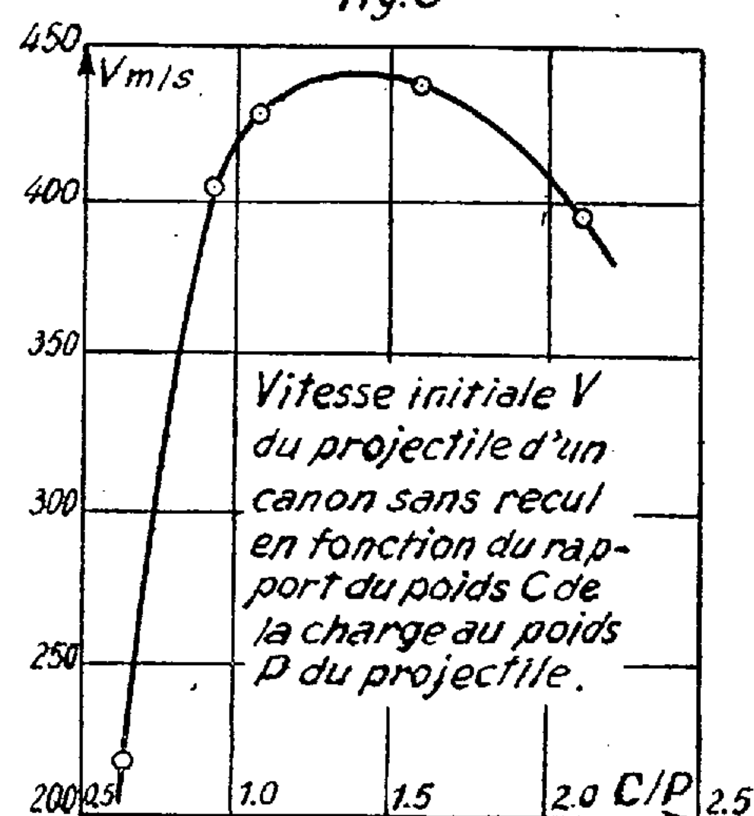


fig.7

teur, lançait un projectile de 4 kg à 320 m. J'ai nommé ce nouveau principe : *principe de combustion préalable*, pour préciser qu'on peut interpréter le fonctionnement de ce canon comme une impulsion communi-

quée au projectile par une transformation quasi instantanée de la charge en une masse gazeuse sous pression [1].

En appliquant le principe de combustion préalable au problème de l'enfoncement d'un pieu dans le sol (*fig.* 3), j'ai mis en évidence une conséquence importante de cette théorie, que je préciserai en citant un exemple numérique. En faisant exploser 20 kg de poudre, on pourrait enfoncer un pieu de section $s = 100\ \text{cm}^2$ et pesant 200 kg à une profondeur de 5, 57 m. Mais si l'on utilisait cette même quantité de poudre, mais par petits lots de 250 g, on n'obtiendrait après 80 explosions consécutives, qu'un enfoncement total de 0,075 m.

La théorie actuelle [2] des projectiles à charge creuse avec un cône en métal recouvrant la cavité, permet d'expliquer les déformations successives de ce cône sous l'effet de la propagation de l'onde explosive dans la charge, mais elle pourrait être utilement complétée en appliquant à tout le projectile avec son cône métallique la théorie de l'enfoncement d'un « pieu » par une explosion massive.

Pour soumettre ces considérations théoriques à une vérification expérimentale, j'ai effectué [3] au début de 1924, sur une plage de Biarritz, quelques essais d'enfoncement de pieux et de lancement de fusées à combustion préalable de formes diverses, parmi lesquelles je mentionnerai celle de la figure 6, destinée à l'étude des ricochets. C'est un disque auquel l'explosion de la charge communique une translation et simultanément une rotation autour de son axe, assurant sa stabilité au vol. Les figures 4 et 5 représentant deux aspects de canons sans recul *avec rayures* que j'ai considérés [4].

Les expériences qui m'ont permis d'obtenir la courbe de la figure 7 ont été effectuées en 1938, en collaboration avec M. S. Vladimirsky, avec un canon sans recul, dont le diamètre de la partie rayée était de 2,4 cm et celui de la partie lisse de 0,25 mm supérieur. Cette courbe met en évidence que la vitesse initiale du projectile acquiert, dans ce cas, une valeur maximum faiblement accusée entre les valeurs 1 et 1,5 du rapport du poids de la charge à celui du projectile.

---

(1) *Bulletin de l'Institut Aérodynamique de Koutchino*, 6, Paris, 1920, p. 75; *Mémorial de l'Artillerie française*, **11**, 1923, p. 690.

(2) G. Birkhoff, D. P. Mac Dougall, E. M. Pugh, et Sir G. Taylor, *J. Appl. Phys.*, New-York, **19**, 1948, p. 563.

(3) *Comptes rendus du III*e *Congrès International de la Navigation Aérienne*, **2**, Bruxelles, 1925, p. 179-205; *The Journal of the Royal Aeronautical Society*, **39**, London, 1935, p. 403-410; *Bulletin Scientifique et Technique du Ministère de l'Air*, **157**, Paris, 1939, p. 43-105.

(4) Pour les figures 3 et 4 voir la troisième des citations données précédemment : *Comptes rendus*, **223**, 1946, p. 64, renvoi bibliographique (4).

CYTOLOGIE PATHOLOGIQUE. — *Étude par microcinématographie en contraste de phase de l'action des particules de charbon et de quartz sur le comportement des phagocytes.* Note de MM. **Albert Policard** et **André Collet**.

L'étude par microcinématographie en contraste de phase de l'action des particules minérales sur les cellules qui les ont phagocytées montre que le charbon est sans effet sur les déplacements amœboïdes des cellules et semble inoffensif pour le cytoplasma, et que, au contraire, le quartz se montre nocif et bloque tous les déplacements cellulaires.

Des particules, inférieures à 3 μ, de charbon (anthracite avec moins de 1 % de cendres) et de quartz sont mises en suspension dans de la solution physiologique et injectées dans la cavité péritonéale de rats blancs. L'exsudat provoqué par cette injection renferme, après 15 à 20 h, de nombreuses cellules (histiocytes surtout) dont beaucoup contiennent des particules phagocytées. Un tel exsudat, prélevé par ponction péritonéale, est disposé entre lame et lamelle et filmé en contraste de phase à un grossissement d'environ 1000 diamètres, et au rythme d'une image par 2 s. Le film obtenu est projeté à raison de 16 images/s, ce qui donne une accélération d'environ 30 fois. Les cellules examinées sont filmées pendant des laps de temps allant jusqu'à 20 mn. Les cellules se fixent pour la plupart au support, émettent des pseudopodes et se déplacent suivant le processus bien connu.

Grâce à cette technique, il est facile de préciser les modifications que les particules minérales phagocytées impriment au comportement des phagocytes, par comparaison avec les cellules de nature identique, mais n'ayant rien phagocyté.

Les faits suivants ont pu être observés, pour le charbon d'une part, le quartz, de l'autre, toutes les conditions expérimentales étant identiques par ailleurs.

1. Les particules de charbon ne modifient pas sensiblement l'activité du déplacement des cellules qui les renferment. Seulement, quand ces particules sont très abondantes, les déplacements des cellules se montrent moins actifs, en proportion de la quantité de particules encombrant l'élément. Mais celui-ci n'est jamais immobilisé complètement. Sa marche est seulement plus lente.

Les mouvements internes du protoplasma sont, à première approximation, exactement semblables à ceux des cellules témoins sans particules.

2. A l'opposé, les particules de quartz exercent une action inhibitrice accentuée sur les déplacements des cellules qui les ont phagocytées. Même en nombre très restreint (1 ou 2 particules de 1 à 2 μ), ces particules entraînent un arrêt complet ou presque complet de ces déplacements.

Les cellules renfermant des particules de quartz s'étalent bien sur le support, lancent des pseudopodes en voile, mais sont incapables de se déplacer. La comparaison avec les cellules non phagocytaires rend le fait indiscutable.

Par contre, les mouvements internes du protoplasma sont maintenus et presque toujours aussi actifs que ceux des cellules témoins. Ils cessent seulement quand la cellule présente des signes accentués de dégénérescence. Les seuls mouvements observés alors sont des mouvements browniens.

Bien que totalement immobilisées, les cellules à particules de quartz présentent souvent des mouvements actifs de leur surface. Des études sont en cours pour préciser les caractères de ces mouvements protoplasmiques.

Ces constatations microcinématographiques montrent la réalité d'une action toxique du quartz sur les cellules et, au contraire, l'innocuité du charbon dans des conditions expérimentales comparables. Elles permettent de comprendre certains mécanismes des réactions pathologiques pulmonaires observées dans les pneumoconioses par charbon ou par quartz

DÉSIGNATIONS.

Par la majorité absolue des suffrages, M. **Pierre Jolibois** est réélu Membre du Conseil de perfectionnement de l'École polytechnique.

CORRESPONDANCE.

La « Royal Society » adresse à l'Académie, pour être distribués à ses Membres, un certain nombre d'exemplaires d'un fascicule intitulé : *The relations between fellows of the Royal Society and french men of science when France and Britain were at war*, par Gavin Rylands de Beer paru dans le Recueil des *Notes and Records of the Royal Society of London*.

ANALYSE MATHÉMATIQUE. — *Sur une application de l'intégrale d'Hadamard à la théorie des équations différentielles linéaires*. Note de M. **Félix Pollaczek**, présentée par M. Émile Borel.

Désignons par

$$(1)\qquad L(y)\equiv\sum_{i=0}^{n}q_i(x)\,y^{(n-i)}=0\qquad\left[q_0=1;\ q_i(x)=\sum_{\nu=0}^{\infty}q_{i\nu}x^{\nu},\ i=1,\ \ldots,\ n\right]$$

une équation différentielle linéaire et homogène ayant $x=0$ pour point « régulier »; un système fondamental de solutions de (1), canoniques pour $x=0$, peut être mis sous la forme [1]

$$(2)\qquad y_{i,0}(x)=x^{\rho_i}\sum_{j=0}^{m_i}\log^j x\sum_{\nu=0}^{\infty}c_{j\nu}^{(i)}x^\nu \qquad \left(\sum_{j=0}^{m_i}|c_{j0}^{(i)}|>0;\ i=1,\ldots,n\right),$$

$\rho_1,\ldots,\rho_n$ étant les racines de l'équation

$$(3)\qquad \varphi(\rho)\equiv\sum_{i=0}^{n}q_{i,0}\,\rho(\rho-1)\ldots(\rho-n+i+1)=0 \qquad (q_{00}=1).$$

Dans l'hypothèse

$$(4)\qquad \rho_1,\ldots,\rho_n\neq 0,\ 1,\ \ldots,$$

l'équation différentielle non homogène

$$(5)\qquad \mathrm{L}[g(x)]=f(x)\qquad \left[f(x)=x^{-n}\sum_{\nu=0}^{\infty}f_\nu x^\nu\right],$$

où $\sum_{\nu=0}^{\infty}f_\nu x^\nu$ est une série de Taylor quelconque, possède une et une seule solution $g(x)$ holomorphe à l'origine; nous allons démontrer que cette solution est donnée par l'intégrale d'Hadamard

$$(6)\qquad g(x)=\int_{0}^{x}\begin{vmatrix} y_1(\xi) & \ldots & y_1^{(n-2)}(\xi) & y_1(x)\\ \ldots & \ldots & \ldots & \ldots\\ y_n(\xi) & \ldots & y_n^{(n-2)}(\xi) & y_n(x)\end{vmatrix}\begin{vmatrix} y_1(\xi) & \ldots & y_1^{(n-1)}(\xi)\\ \ldots & \ldots & \ldots\\ y_n(\xi) & \ldots & y_n^{(n-1)}(\xi)\end{vmatrix}^{-1}f(\xi)\,d\xi$$

$$=\int_{0}^{x}\sum_{i=1}^{n}y_i(x)\,\eta_i(\xi)f(\xi)\,d\xi.$$

Ici, $y_1(x),\ldots,y_n(x)$ désignent un système fondamental quelconque de solutions de (1) et nous avons posé

$$(7)\qquad \eta_i(x)=(-1)^{n-i}\,\|y_j^{(k)}(x)\|_{j\neq i;\,k=0,\ldots,n-2}\,\|y_j^{(k)}(x)\|^{-1}_{j,\,k=0,\ldots,n-1}\qquad (i=1,\ldots,n)$$

[solutions de l'équation adjointe à (1)]. Pour des fonctions analytiques $\psi(x)$ qui, dans un certain voisinage (ramifié) de $x=0$ dont nous désignons un point arbitraire par x_0, admettent un développement de la forme

$$(8\,a)\qquad \psi(x)=\sum_{i=1}^{\mathrm{N}}x^{\sigma_i}\sum_{j=0}^{n_i}\log^j x\sum_{\nu=0}^{\infty}a_{j\nu}^{(i)}x^\nu \qquad (\sigma_1,\ldots,\sigma_{\mathrm{N}}\neq -1,\ -2,\ \ldots),$$

---

(1) *Voir* par exemple A. R. Forsyth, *Theory of differential equations*, Part 3, vol. 4, § 38.

$\int_{\underline{|0}}^{x}$ peut être défini par la formule

$$(8\,b)\qquad \int_{\underline{|0}}^{x}\psi(\xi)\,d\xi=\int_{x_0}^{x}\psi(\xi)\,d\xi+\sum_{i=1}^{\mathrm{N}}\sum_{j=1}^{n_i}\sum_{\nu=0}^{\infty}a_{j\nu}^{(i)}\frac{\partial^j}{\partial\sigma_i^j}\frac{x_0^{\sigma_i+\nu+1}}{\sigma_i+\nu+1}\quad(^2).$$

Démonstration. — L'hypothèse (4) qui exclut toutes les solutions holomorphes (en $x=0$) de (1), est nécessaire pour assurer l'unicité de $g(x)$; en utilisant (4) sous la forme $\varphi(\rho)\neq 0$ ($\rho=0, 1, \ldots$), on reconnaît d'autre part que (5) peut être satisfait par une série $g(x)=\sum_0^\infty c_\nu x^\nu$ déterminée de manière univoque. Pour montrer que les fonctions à intégrer figurant dans (6) sont de la forme (8 a), posons $y_i(x)=y_{i,0}(x)$; il vient alors pour $|x|$ assez petit

$$\|y_{j,0}^{(k)}\|_{j\neq i;\,k=0,\ldots,n-2}=x^{\sum\limits_1^n\rho_\nu-\rho_i-\sum\limits_1^{n-2}\nu}\sum_{j=0}^{\mathrm{N}_i}\log^j x\,\mathrm{P}_{ij}(x),$$

$\mathrm{P}_{ij}(x)$ [de même que plus loin $\tilde{\mathrm{P}}_{ij}(x), \ldots, \mathrm{P}(x)$] désignant une série de Taylor en x, et grâce aux relations

$$\|y_{j,0}^{(k)}\|_{j-1,\,k=0,\ldots,n-1}^{-1}=\exp\int^{x}q_1(\xi)\,d\xi=x^{q_{10}}\exp\mathrm{P}(x)\qquad\text{et}\qquad\sum_1^n\rho_\nu=\frac{n^2-n}{2}-q_{10}$$

[résultant de (3)], nous tirons de (7) et (5)

$$f(x)\,\eta_{i,0}(x)=x^{-\rho_i-1}\sum_{j=0}^{\mathrm{N}_i}\log^j x\,\tilde{\mathrm{P}}_{ij}(x).$$

En intégrant cette fonction qui, en raison des inégalités $-\rho_i-1\neq-1, -2, \ldots$, est de la forme (8 a), nous obtenons

$$\int_{\underline{|0}}^{x}f(\xi)\,\eta_{i,0}(\xi)\,d\xi=x^{-\rho_i}\sum_{j=0}^{\mathrm{N}_i}\log^j x\,\tilde{\tilde{\mathrm{P}}}_{ij}(x),$$

de sorte qu'à l'aide de (2), la fonction (6) prend la forme

$$g(x)=\sum_{j=0}^{\mathrm{N}}\log^j x\,\mathrm{P}_j(x).$$

En effectuant l'opération L [équat. (1)] dans le deuxième membre de (6) dont nous venons d'établir l'existence, on vérifie sans peine que $g(x)$ satisfait à l'équation (5); par conséquent, cette fonction est de la forme

$$g(x)=\sum_{\nu=0}^{\infty}c_\nu x^\nu+\sum_{i=1}^{n}d_i y_{i,0}(x)=\sum_{\nu=0}^{\infty}c_\nu x^\nu+\sum_{i=1}^{n}d_i x^{\rho_i}\sum_{j=0}^{m_i}\log^j x\sum_{\nu=0}^{\infty}c_{j\nu}^{(i)}x^\nu.$$

---

(2) J. HADAMARD, *Le problème de Cauchy et les équations aux dérivées partielles linéaires hyperboliques*, Paris, 1932, p. 184-217.

Mais en raison de (4), les deux dernières expressions de $g(x)$ ne peuvent coïncider que lorsque $d_1 = \ldots = d_n = 0$; donc, la fonction (6) est holomorphe à l'origine, ce qui achève notre démonstration.

La formule (6) peut être utilisée par exemple pour étudier le comportement de $g(x)$ au voisinage d'un point singulier de (1) autre que $x = 0$.

THÉORIE DES FONCTIONS. — *Sur une famille de fonctions.* Note de M. **Etienne Halphen**, présentée par M. Paul Montel.

Pour les besoins de l'Hydrologie statistique, insuffisamment couverts par la classe des « lois harmoniques » introduite par nous en 1941 [1], nous avons eu à étudier l'intégrale (P = polynome du second degré)

$$\text{(I)} \qquad \int e^{\mathrm{P}(u)} u^{\mathrm{K}}\, du.$$

Sa valeur pour l'intervalle d'intégration (0, ∞) nous a conduit à définir les fonctions suivantes :

$$(1) \qquad \begin{cases} cf_\alpha x = 1 + \alpha \dfrac{x^2}{2\,!} + \alpha(\alpha+1)\dfrac{x^4}{4\,!}\cdots, \\ sf_\alpha x = x + \left(\alpha + \dfrac{1}{2}\right)\dfrac{x^3}{3\,!} + \left(\alpha + \dfrac{1}{2}\right)\left(\alpha + \dfrac{3}{2}\right)\dfrac{x^5}{5\,!}\cdots, \\ ef_\alpha x = cf_\alpha x\,\Gamma(\alpha) + sf_\alpha x\,\Gamma\left(\alpha + \dfrac{1}{2}\right), \end{cases}$$

ainsi que

$$(2) \qquad \begin{cases} cg_\lambda z = cf\, iz, \\ sg_\lambda z = -i\, sf_\lambda\, iz, \\ eg_\lambda z = cg_\lambda z\, \mathrm{E}(\lambda) + sg_\lambda z\, \mathrm{E}\left(\lambda + \dfrac{1}{2}\right), \end{cases}$$

avec

$$\mathrm{E}(\lambda) = \frac{1}{\Gamma(1-\lambda)}.$$

Nous les nommons « cosinus-factoriel », « sinus-factoriel », « exponentielle-factorielle », de première et seconde espèces.

Ces fonctions sont douées d'un ensemble très remarquable de propriétés, que l'on retrouve dans leurs formes limites ou dégénérées que constituent les principales fonctions classiques d'une variable : fonctions trigonométriques et hyperboliques, fonctions eulériennes, polynomes de Hermite.

---

[1] A savoir

$$\mathrm{K}\int_0^x e^{az+\frac{b}{z}} z^c\, dz.$$

Ainsi

$$ef_\alpha' \left(\text{abréviation pour } \frac{\partial}{\partial x} ef_\alpha x\right) = ef_{\alpha+\frac{1}{2}},$$

$$eg_\lambda' = eg_{\lambda+\frac{1}{2}}.$$

Les fonctions factorielles de première espèce fournissent les solutions de l'équation différentielle

(E) $$y'' = \frac{x}{2} y' + \alpha y,$$

les fonctions de seconde espèce, celles de

(E′) $$u'' + \frac{z}{2} u' + \lambda u = 0.$$

Entre les deux espèces, on a la curieuse et importante relation suivante :

(4) $$\begin{cases} cg_\lambda x = e^{-\frac{x^2}{4}} cf_{-\lambda+\frac{1}{2}} x, \\ sg_\lambda x = e^{-\frac{x^2}{4}} sf_{-\lambda+\frac{1}{2}} x. \end{cases}$$

(la relation entre ef et eg est un peu plus compliquée).

Les dérivées logarithmiques des fonctions factorielles, ainsi que les inverses de ces dérivées, vérifient des équations de Riccati; par exemple, en posant

$$af_\alpha x = \frac{cf_\alpha}{sf_{\alpha+\frac{1}{2}}}, \qquad bf_\alpha = \frac{cf_{\alpha+\frac{1}{2}}}{sf_\alpha},$$

on a

(5) $$bf_{\alpha+\frac{1}{2}} x - af_\alpha x = \frac{x}{2},$$

qui conduit à

(6) $$\begin{cases} af' + af\left(af + \frac{x}{2}\right) = \alpha, \\ bf' + bf\left(bf - \frac{x}{2}\right) = \alpha. \end{cases}$$

Ces « fonctions factorielles homogènes » vérifient des équations aux différences finies du type suivant :

(7) $$\frac{\alpha+1}{af_{\alpha+1}} = \frac{x}{2} + \frac{\alpha + \frac{1}{2}}{\frac{x}{2} + af_\alpha}.$$

On peut en tirer des fractions continues, malheureusement divergentes, mais susceptibles de constituer dans certains cas des expressions asymptotiques de af.

L'expression de l'exponentielle factorielle de première espèce par une intégrale de Cauchy [du type (I)] fournit des développements asymptotiques importants.

Nous espérons parvenir à l'établissement de résultats qui donneraient aux fonctions factorielles un intérêt considérable :

On observera en effet qu'en posant

$$\int_{-\infty}^{+\infty} [eg_\lambda(z)\, \varphi_{(\lambda)}\, d\lambda = f(z),$$

la dérivation de la fonction $f(z)$ équivaut au remplacement de $\varphi(\lambda)$ par $\varphi[\lambda - (1/2)]$. Nous avons des raisons de penser que, sous certaines conditions de régularité imposées à φ et ψ, il doit être possible d'une façon et d'une seule de mettre sous la forme

$$f(z) = \int_{-\infty}^{+\infty} [eg_\lambda(z)\, \varphi_{(\lambda)} + eg_\lambda(-z)\, \varphi_{(\lambda)}]\, d\lambda, \tag{8}$$

toute fonction $f(z)$ analytique au voisinage de l'origine; et que, dans de cas étendus, l'expression (8) doit réaliser d'une façon assez complète le prolongement analytique de $f(z)$. Cette expression, au reste, établit un lien étroit entre l'étude du prolongement analytique et celle de la croissance [tant de $f(z)$ que de ses coefficients de Taylor].

Dans l'ensemble, nous pensons que les fonctions factorielles constituent une sorte de « carrefour » de nombreux chapitres de l'analyse.

TOPOLOGIE ALGÉBRIQUE. — *Sur les anneaux spectraux de certaines classes d'applications. I. Généralités.* Note de M. **István Fáry**, présentée par M. Paul Montel.

Ce travail sert à fixer la terminologie d'une série de Notes, qui signaleront certaines applications de la théorie de Leray concernant l'*anneau spectral d'une application continue* (1). Nous étudierons dans les Notes ultérieures : 1° la théorie de M. Morse; 2° la cohomologie de shypersurfaces algébriques (théorie de Lefschetz) (2); 3° la théorie de P. A. Smith.

1. *L'anneau de cohomologie.* — Nous ne considérons que des *espaces localement compacts*. A désigne toujours un anneau unitaire, l'anneau de coefficients

(1) Pour la théorie générale nous renvoyons le lecteur aux mémoires : [1] J. Leray, *J. Math.*, 29, 1950, p. 1-139, et [2] J. Leray, *ibid.*, p. 169-213. La présente Note introduit des notations quelque peu différentes de celles de M. Leray [*cf.* (3)].

(2) Ces notations sont celles de [3] H. Cartan, *Séminaire de Topologie Algébrique*, Paris, E. N. S. 1949-1951 (polycopié); [4] A. Borel, *Homologie des espaces localement compacts d'après* J. Leray, Zurich (polycopié); [5] J.-P. Serre, *Ann. Math.*, 54, 1951, p. 425-505.

de la cohomologie. Considérons une A-couverture fine K de l'espace X [[1], p. 47, 67 ([2])]. Le sous-anneau des *cocycles à supports compacts,* divisé par son idéal que constituent les cobords des éléments à supports compacts donne *l'anneau de cohomologie* (à supports compacts) $H(X\circ A) = H(X, A)$ de X([1], p. 75). Les classes de cohomologie de degré p constituent le A-module $H^p(X\circ A) = H^p(X, A) \subset H(X, A)$ ([3]). Nous omettrons souvent A et noterons H(X), etc. Soit F un sous-espace fermé (U un ouvert) de X; l'homomorphisme canonique $H(X) \to H(F)$ $(H(U) \to H(X))$ est appelé *section* (*injection*).

2. *L'anneau spectral d'une application continue.* — Rappelons très brièvement la construction fondamentale de M. Leray.

Soit f une application continue d'un espace X dans un espace Y. Considérons une A-couverture fine K sur X et une Z-couverture fine L' sur Y (Z est l'anneau des entiers). Notons par Sl le support d'un élément $l \in L'$. Munissons chaque élément $l \in L'$ d'un support $f^{-1} Sl \subset X$; L' muni de ces supports est une couverture L de X. En formant l'intersection $L\circ K$ de ces deux couvertures nous obtenons une couverture fine de X. Filtrons la couverture $L\circ K$ par les idéaux $M^p = \Sigma L^i \circ K$, où L^i désigne le sous-module des éléments de degré i de L, et la sommation est prise sur $i \geqq p$.

Cette filtration détermine : *a.* une filtration de H(X); *b.* un anneau spectral (E_r, d_r).

a. $H^{p,q}(X) = \{$classes de cohomologie de degré $p+q$ et de filtration $\geqq p\}$ est constitué par les $h \in H^{p+q}(X)$, qui contiennent un cocycle de M^p.

b. L'anneau spectral est une suite d'anneaux bigradués $E_r = \Sigma E_r^{p,q}$, somme directe en p et q, $r \geqq 0$; chaque E_r est muni d'une différentielle d_r. (E_r, d_r) a les propriétés suivantes : (1) $E_r^{p,q} \neq 0$ entraîne que $0 \leqq p \leqq \dim Y$ et $0 \leqq q \leqq \max \dim F_y$, où $F_y = f^{-1} y (y \in Y)$; (2) $d_r : E_r^{p,q} \to E_r^{s,t}$, où $s = p + r$, $t = q - r + 1$, $d_r d_r = 0$; (3) $E_{r+1} = H(E_r)$, l'anneau de cohomologie étant calculé avec d_r; (4) $E_\infty^{p,q}$ est défini : ses éléments sont d_r-cocycles pour chaque d_r et ne sont jamais d_r-cobords.

Un des résultats fondamentaux de M. Leray est l'isomorphie suivante : (5) $E_\infty^{p,q} = H^{p,q}/H^{p+1,q-1}$. En particulier, si A est un corps, on a $H^n(X, A) = \Sigma E_\infty^{p,q}$ (sommation sur $p + q = n$).

3. *Signification et détermination des termes* E_0, E_1. — $E_0 = L\circ K$ est une couverture fine de l'espace X, mais d_0 n'est pas la différentielle ordinaire, car $d_0(\Sigma l_i \circ k_i) = \Sigma l_i \circ dk_i$ où $l_i \in L$, $k_i \in K$ et d est la différentielle de K.

Pour formuler ses résultats concernant E_1, M. Leray a introduit la notion

---

([3]) Pour un espace compact cet anneau est isomorphe à celui de Alexander-Spanier-Wallace, *voir* [4], II, p. 9. Si X n'a pas de composant connexe et compact $H^0(X, A) = 0$.

de faisceau ([1], p. 43) et celle de l'intersection d'une couverture et d'un faisceau (p. 58, 62). Il a démontré que $E_1 = L \circ \mathcal{B}$, où $\mathcal{B}$ est l'image directe par f du faisceau de cohomologie de X : $\mathcal{B}^q(S) = H^q(f^{-1}S)$ $(S \subset Y)$, l'homomorphisme $\mathcal{B}^q(S_2) \to \mathcal{B}^q(S_1)$ $(S_1 \subset S_2)$, étant l'homomorphisme canonique (section). La différentielle d_1 agit sur E_1 comme suit : $d_1(\Sigma l_i \circ h_i) = \Sigma (dl_i) \circ h_i$, où $l_i \in L$, $h_i \in H(f^{-1} S\, l_i)$, et où d désigne cette fois-ci la différentielle de L.

E_0 dépend du choix des couvertures K et L, E_1 est indépendant de K, mais il dépend de L.

4. *Sur le terme* E_2. — M. Leray a démontré que le terme $E_2 = H(E_1) = H(L \circ \mathcal{B})$ est un invariant de l'application continue f, ainsi que l'est tout l'anneau spectral à partir de ce terme E_2.

Pour étudier ces invariants nous introduisons les définitions suivantes : (6) Nous disons que le faisceau $\mathcal{B}$ est *ordinaire* dans l'ouvert U de Y, si les conditions suivantes sont remplies : il existe un recouvrement ouvert $\{V\}$ de U, tel que, si C est compact, connexe, petit d'ordre $\{V\}$, alors : 1° la section $\mathcal{B}(C) \to \mathcal{B}(y)$ est *sur* pour chaque $y \in C$; 2° le *noyau* de cette section est *indépendant* de y (4). (7) Un $y \in Y$ est appelé *valeur ordinaire* de f, s'il est contenu dans un U, tel que (6) soit valable. (8) Si $y \in Y$ n'est pas ordinaire nous disons qu'il est une *valeur critique* de f. (9) Un point $x \in X$ est appelé *point ordinaire* de f, s'il admet un système fondamental de voisinages $\{W\}$, tel que la restriction de f sur W n'a que des valeurs ordinaires; (10) les autres points de X sont appelés *critiques*.

Toutes les applications antérieures de la théorie de Leray concernaient le « cas des espaces fibrés », où $\mathcal{B}(y) = H(F_y)$ $(F_y = f^{-1}y)$ est indépendant de y ($\mathcal{B}$ est ordinaire dans tout l'espace Y) (5). Ces applications sont basées sur un résultat de Leray, dont un cas particulier est par exemple l'énoncé suivant : Si X est fibré et est localement un produit, f est la projection de X sur la base Y, qui est localement et globalement simplement connexe, alors $E_2^{p,q} = H^p[Y, H^q(F)]$, où F est la fibre ([2], p. 180). Mais l'anneau spectral de f existe (et a les propriétés énumérées ci-dessus), même si $H(F_y)$ varie brusquement d'un point à un autre. Nous allons étudier précisément certains cas, où des variations brusques se produisent dans le faisceau $\mathcal{B}$. Notre tâche sera de trouver des renseignements concernant E_2 et de chercher des relations entre E_r et d'autres invariants de f

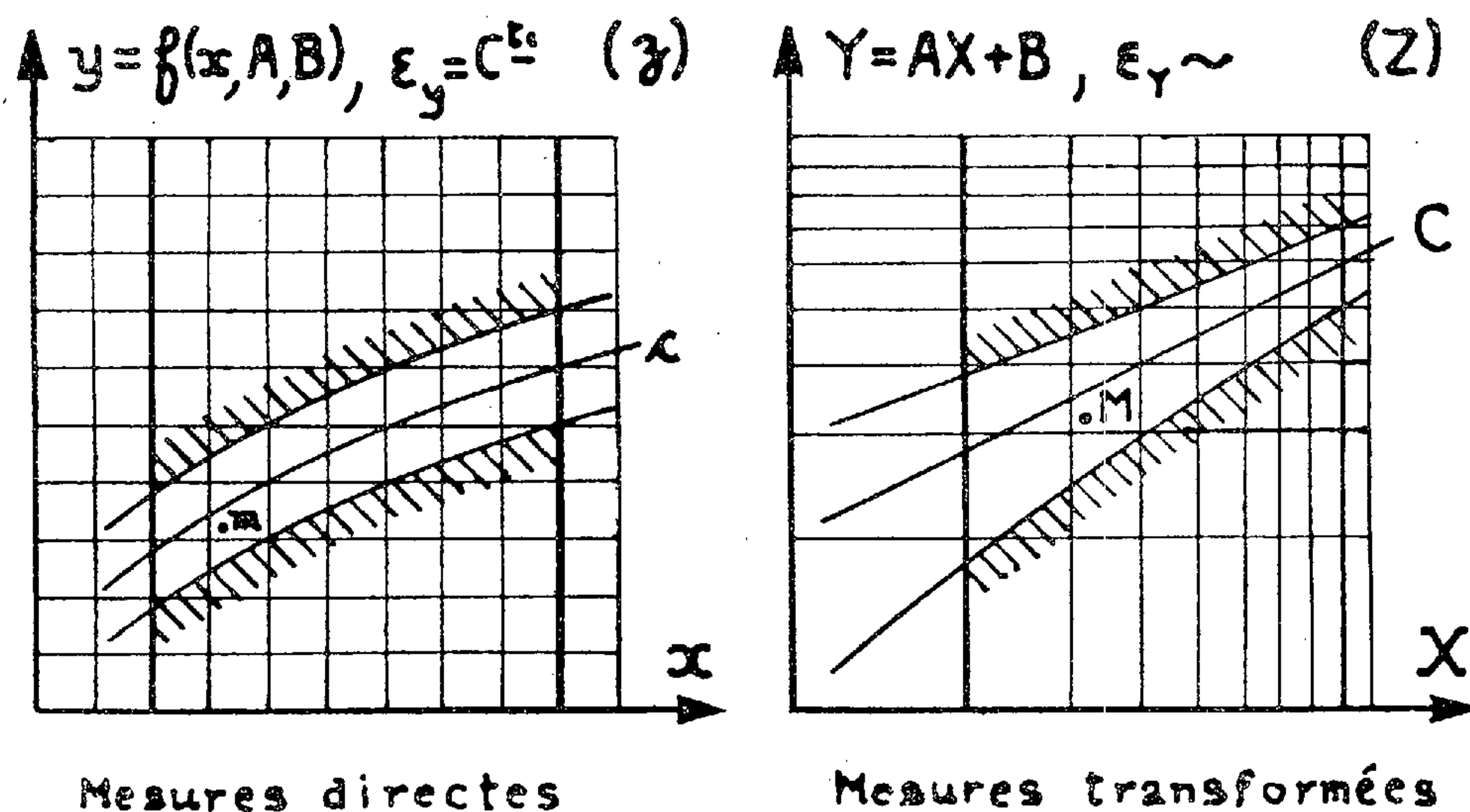
---

(4) Soit X un espace localement connexe. Si X est fibré et est localement un produit, f est la projection de X sur la base Y, qui est localement connexe, alors $\mathcal{B}$ est ordinaire dans tout Y (*cf.* Borel, [4], VIII-2, lemme 1).

(5) *Cf.*, par contre, l'introduction de Leray [1].

MATHÉMATIQUES APPLIQUÉES. — *Mise en équation des résultats d'expériences. Lois empiriques linéarisées.* Note (*) de M. **Louis A. Sackmann**, transmise par M. Joseph Pérès.

Introduction. — Un phénomène y, fonction d'une variable indépendante x, a fait l'objet d'une série limitée de mesures établissant la correspondance entre les valeurs de la variable et les valeurs expérimentales de la fonction. Ces dernières sont entachées d'erreurs de mesure dont les unes, *systématiques*, sont supposées éliminées ou rendues négligeables, et les autres, *accidentelles*, soit δy, sont supposées admettre une limite supérieure ε_y commune à toutes les mesures effectuées (invariance du « poids » des mesures).



Ces résultats expérimentaux peuvent être utilisés de deux manières distinctes :

directement, (ce à quoi se borne très souvent le dépouillement du chercheur), soit, en faisant la *représentation graphique* de la fonction dont on trace, au mieux, la « courbe » passant par le nuage des points représentatifs dispersés, soit, en dressant le tableau des mesures en $x - y$, l'un ou l'autre de ces moyens permettant des opérations d'interpolation ou de relevés de points, compte tenu, bien entendu, des erreurs de mesure ε_y;

indirectement, en entreprenant la *mise en équation*, qui permettra de :

disposer d'une expression analytique commode et utile;

entreprendre la différentiation numérique (autrement impossible);

(*) Séance du 16 septembre 1952.

provoquer le cas échéant de nouveaux contrôles expérimentaux;
guider même des recherches théoriques sur le phénomène en question.

MISE EN ÉQUATION. — Il s'agit dans le cas le plus général de trouver d'abord la forme de la fonction $y = f(x)$, et ensuite ses coefficients numériques.

a. Recherche de la forme de l'équation. — Appliquant, comme le fait Rufener [1], la méthode des différences finies à des combinaisons de fonctions $\varphi(x) - \psi(y)$ telles que $\Delta\psi/\Delta\varphi$ soit sensiblement constant aux erreurs de mesure près, on aboutit à la loi empirique linéarisée

$$\psi(y) = A\varphi(x) + B, \tag{1}$$

d'où explicitement la fonction cherchée

$$y = f(x, A, B). \tag{1'}$$

b. Recherche des coefficients numériques. — Disposant d'un nombre de relations supérieur à celui des coefficients à trouver, on détermine A par la valeur moyenne des quotients $\Delta\psi/\Delta\varphi$, et B par la méthode des groupements.

CRITIQUE DE LA RECHERCHE DES COEFFICIENTS. — Si le principe fécond, mais quelque fois critiqué, de la recherche des fonctions φ et ψ ne peut être renversé, faute de mieux, celui de la recherche des coefficients A et B est sujet à caution, fournissant sans doute un résultat approché utilisable, mais dont la valeur intrinsèque peut être améliorée, en partant des mêmes fonctions φ et ψ, déduites des mêmes valeurs expérimentales x-y.

Nous soumettons à cet effet l'équation (1) à une analyse plus serrée. φ et ψ, *regardées comme des fonctions* $X = \varphi(x)$, $Y = \psi(y)$, *effectuent la transformation du plan* $xy(z)$ *sur le plan* XY(Z), *établissant la correspondance biunivoque entre chaque point* m *de* (z) *et un point* M *de* (Z).

Si les fonctions de transformation φ et ψ sont convenablement choisies, la courbe $y = f(x)$ du plan (z) sera linéarisée dans le plan (Z) suivant l'équation $Y = AX + B$.

Or, dans le plan (z), qui donne la *représentation directe* des résultats de mesure (avec des échelles métriques en x et en y), les points m se dispersent suivant l'axe des y dans une bande d'égale largeur, soit $2\varepsilon_y$, ε_y étant par hypothèse la limite supérieure constante des erreurs de mesure. La ligne médiane c de cette bande de dispersion peut être considérée comme la courbe représentative la plus probable de l'équation cherchée $y = f(x)$.

Mais, dans le plan (Z), qui fournit une *représentation anamorphosée* des résultats de mesure (avec des échelles fonctionnelles X et Y), la bande de dispersion correspondante subit non seulement l'anamorphose de sa ligne médiane C qui devient la droite représentative $Y = AX + B$, mais encore

[1] E. RUFENER, *La mise en équation des résultats d'expériences*, Dunod, Paris, 1951.

celle de sa largeur suivant l'axe des Y, en vertu de la relation de différentiation

(2) $$\delta Y = \frac{dY}{dy}\delta y.$$

En effet, la dérivée dY/dy, rapport de « similitude verticale » de la transformation, n'est constante que si Y est linéaire en y, cas particulier dont l'étude relève malgré tout de l'analyse que nous ferons.

Il résulte donc de l'équation de dispersion (2) que la recherche des coefficients A et B de la droite $Y = AX + B$ ne peut être entreprise en attribuant aux points M de (Z) les valeurs brutes de leurs ordonnées, mais en les soumettant à une analyse combinatoire découlant de leur anamorphose variable, ce que nous exposerons dans une prochaine publication.

MÉCANIQUE. — *Sur la stabilité et la courbe intrinsèque.*
Note de M. **Marcel Davin**, présentée par M. Henri Beghin.

L'hypothèse de Cauchy expliquant la cohésion par des interactions radiales, fonction de la distance, conduit à des formes particulières du potentiel élastique. Appliquant à une forme simple du potentiel obtenue dans ces conditions la théorie de la stabilité, on retrouve l'allure générale de la plupart des phénomènes qui caractérisent la déformation et la rupture de certains matériaux, notamment les pâtes de ciments et mortiers.

Certaines expressions du potentiel élastique obtenues par la considération des attractions de Cauchy, rendent assez bien compte des propriétés de certains matériaux fragiles.

Soit ρ la distance de deux centres d'attraction, celle qui annule l'attraction étant prise pour unité. Soit, pour expression de l'attraction,

$$F(\rho) = a(\rho - 1) + b(\rho - 1)^2 + c(\rho - 1)^3 + \ldots.$$

L'énergie potentielle du couple est

(1) $$E = \int F(\rho)\,d\rho = \frac{a(\rho - 1)^2}{2} + \frac{b(\rho - 1)^3}{3} + \frac{c(\rho - 1)^4}{4} + \ldots.$$

Tenons-nous-en aux deux premiers termes avec $a > 0$, $b < 0$.

Supposons que le solide subisse une dilatation e_2 suivant l'axe des y, des dilatations égales $e_1 = e_3$ suivant ceux des x et des z.

Soit $n\Delta\Omega\,\Delta V$ le nombre de liaisons contenues dans un élément de volume ΔV, orientées dans les limites d'un angle solide $\Delta\Omega$.

Soit λ l'angle d'une direction avec le plan des xz. Posons $t = \sin\lambda$.

L'énergie potentielle totale dans l'unité de volume est alors

(2) $$E_1 = 4\pi n \int_0^{\frac{\pi}{2}} E\cos\lambda\,d\lambda = 4\pi n \int_0^1 E\,dt.$$

E s'exprime en t par l'intermédiaire de son expression (1) en $\rho - 1$, et de

$$(3) \qquad \rho - 1 = e_1 + t^2(e_2 - e_1),$$

d'où E_I et les contraintes longitudinales σ_2, transversales σ_1,

$$(4) \qquad \frac{E_I}{4\pi n} = \frac{a}{2}\left(\frac{8}{15}e_1^2 + \frac{4}{15}e_1 e_2 + \frac{1}{5}e_2^2\right) + \frac{b}{3}\left(\frac{16}{35}e_1^3 + \frac{8}{35}e_1^2 e_2 + \frac{6}{35}e_1 e_2^2 + \frac{e_2^3}{7}\right),$$

$$(5) \qquad \frac{1}{4\pi n}\frac{\partial E_I}{\partial e_1} = \frac{a}{15}(8e_1 + 2e_2) + \frac{b}{105}(48e_1^2 + 16e_1 e_2 + 6e_2^2) = \frac{1}{4\pi n} \times 2\sigma_1,$$

$$(6) \qquad \frac{1}{4\pi n}\frac{\partial E_I}{\partial e_2} = \frac{a}{15}(2e_1 + 3e_2) + \frac{b}{105}(8e_1^2 + 12e_1 e_2 + 15e_2^2) = \frac{1}{4\pi n} \times \sigma_2.$$

Dans le plan des $e_1 e_2$, $\sigma_1 = 0$ et $\sigma_2 = 0$ sont les équations de deux ellipses passant par l'origine, ayant même centre $e_1 = e_2 = -(a/2b)$. Si, suivant

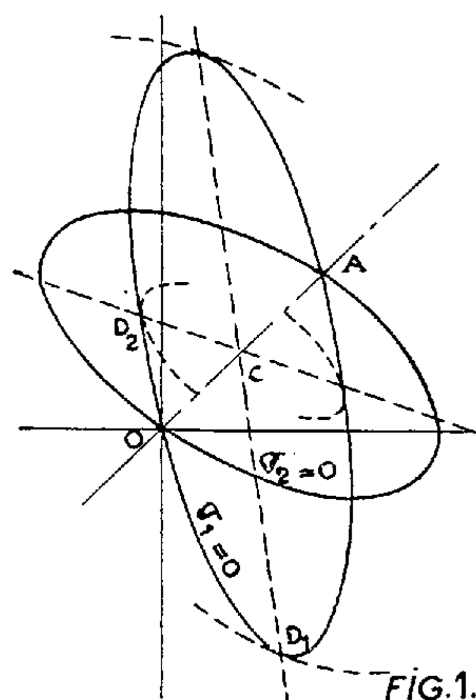


FIG. 1.

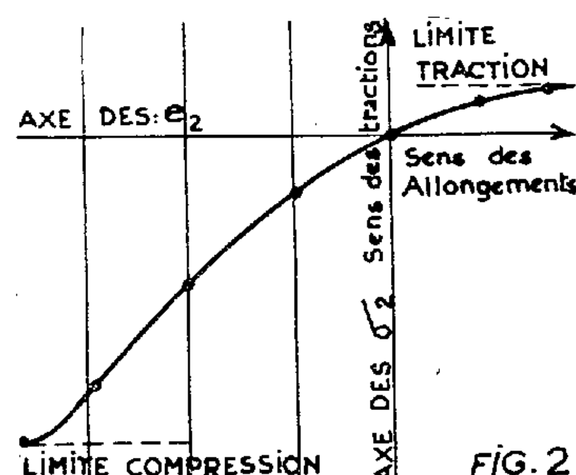


FIG. 2

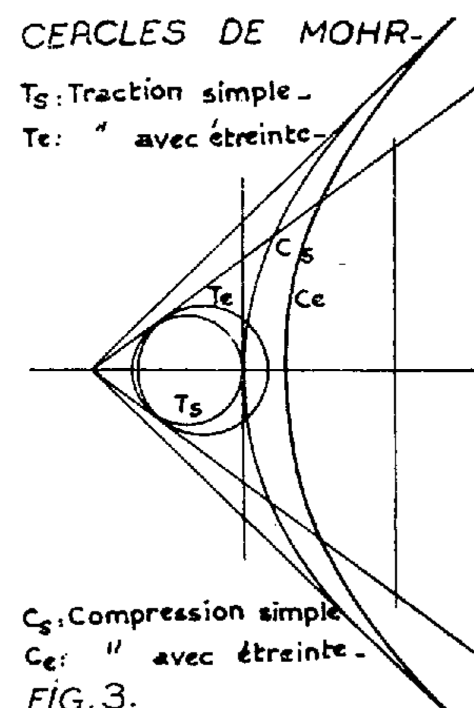


FIG. 3.

l'ellipse $\sigma_1 = 0$, on trace la courbe σ_2 en fonction de e_2 (*fig.* 2), on observe deux maxima de valeur absolue, l'un positif, l'autre négatif. Le rapport des deux contraintes limites est environ 6,5.

La condition limite de stabilité est

$$(7) \qquad \frac{\partial^2 E_I}{\partial e_1^2}\frac{\partial^2 E_I}{\partial e_2^2} = \left(\frac{\partial^2 E_I}{\partial e_1\, \partial e_2}\right)^2.$$

Elle est de la forme

$$(8) \qquad \Delta_{1,1}\Delta_{2,2} = \Delta_{1,2}^2, \qquad \text{où} \quad \Delta_{1,1} = 0, \qquad \Delta_{2,2} = 0, \qquad \Delta_{1,2} = 0$$

sont les équations de trois droites *concourantes* au centre commun. Cette forme est équivalente à $D_1 D_2 = 0$ et représente les deux diamètres conjugués l'un de l'autre à la fois par rapport aux deux ellipses. Leurs coefficients angulaires sont $-4 \pm 2\sqrt{10/3}$.

Seules les demi-droites CD_1, CD_2 sont à retenir. Le long de CD_2, on a

$$\frac{\sigma_1+\dfrac{4\pi n a^2}{12b}}{\sigma_2+\dfrac{4\pi n a^2}{12b}}=2+\sqrt{\frac{10}{3}},$$

et le long de CD_1,

$$\frac{\sigma_1+\dfrac{4\pi n a^2}{12b}}{\sigma_2+\dfrac{4\pi n a^2}{12b}}=2-\sqrt{\frac{10}{3}}.$$

Les deux courbes intrinsèques correspondantes sont représentées figure 3.

On objectera que $F(\rho)$ limitée à deux termes a une allure certainement très différente de la réalité.

$F(\rho)$, nulle pour $\rho=1$ et du même signe que ρ, devient très grande par valeurs négatives pour ρ_0 comprise entre zéro et 1 (notion de covolume) et passe par un maximum pour $\rho>1$, mais pour rester $>a$ et tendre ensuite vers zéro qu'il atteint pour $\rho=\rho_n$ (ρ_n-1 petit).

Dans ces conditions on peut encore établir :

1° que pour $\sigma_1=0$, σ_2 en fonction de e_2 présente un maximum de valeur absolue aussi bien en compression qu'en traction;

2° que les courbes intrinsèques ont des points anguleux au point de décohésion ($\sigma_1=\sigma_2>0$) avec les mêmes angles que dans le cas de $F(\rho)$ binome.

MÉCANIQUE DES FLUIDES. — *Un théorème d'unicité pour les écoulements d'un liquide parfait, pesant.* Note (*) de M. **Robert Gerber**, transmise par M. Henri Villat.

Dans un travail antérieur (1), dont nous respectons les notations, nous avons énoncé un théorème d'existence pour un problème aux limites non linéaire, posé relativement à l'équation de Laplace. Nous nous proposons de compléter ce résultat par une discussion d'unicité.

Les méthodes de M. J. Leray (2) permettent tout d'abord de ramener la question au problème aux limites ci-après, du type envisagé par M. Weinstein. Dans le rectangle $\mathcal{D}$ du plan $f=\varphi+i\psi$, soit $\beta(\varphi,\psi)$ la fonction harmonique et régulière, assujettie à vérifier les conditions aux limites suivantes où $\theta(\varphi,\psi)$

(*) Séance du 29 septembre 1952.

(1) *Comptes rendus*, 233, 1951, p. 1261.

(2) *Commentarii Mathematici Helvetici*, 8, 1936, p. 250-263. On trouvera un exposé complet de la question dans la Thèse de M. J. Kravtchenko, *Journ. de Mathématiques*, 20, 1941, p. 235-303.

et $T(\varphi, \psi)$ sont des fonctions supposées connues

$$\beta = 0 \qquad \text{sur} \quad \psi = 0,$$

$$\frac{\partial \beta}{\partial \varphi} = 0 \qquad \text{sur} \quad \varphi = 0 \qquad \text{et sur} \quad \varphi = \varphi_0,$$

$$\frac{\partial \beta}{\partial \psi} = \beta\left(\frac{\partial \theta}{\partial \varphi} + \frac{g}{V_0^3} e^{-3T} \cos\theta\right) \qquad \text{sur} \quad \psi = \psi_0.$$

Le théorème d'unicité sera valable pour chaque catégorie de données pour lesquelles la seule solution du problème précédent est $\beta \equiv 0$. Posons

$$\frac{df}{dz} = u - iv;$$

M. C. Jacob [3] a montré que sur $\psi = \psi_0$:

$$\frac{\partial u}{\partial \psi} = u\left(\frac{d\theta}{d\varphi} + \frac{g}{V_0^3} e^{-3T} \cos\theta\right) - \frac{g}{V_0^2} e^{-2T}.$$

Pour les écoulements que nous étudions la fonction $u(\varphi, \psi)$ est positive et non nulle sur $\mathcal{D}$ et sa frontière.

Partons de l'identité

$$(1) \qquad \int_{\mathcal{C}} \left[\beta \frac{d\beta}{dn} - \frac{\beta^2}{u} \frac{du}{dn}\right] dl = \iint_{\mathcal{D}} \left[\left(\frac{\partial \beta}{\partial \psi} - \frac{\beta}{u} \frac{\partial u}{\partial \psi}\right)^2 + \left(\frac{\partial \beta}{\partial \varphi} - \frac{\beta}{u} \frac{\partial u}{\partial \varphi}\right)^2\right] d\psi \, d\varphi,$$

où $\mathcal{C}$ désigne le contour de $\mathcal{D}$ et d/dn la dérivée normale extérieure. Cette identité est valable en vertu de la condition $u \neq 0$ sur $\mathcal{D} + \mathcal{C}$. En posant $\beta = \eta u$, (1) entraîne, compte tenu des conditions limites satisfaites par u et β

$$(2) \qquad \iint_{\mathcal{D}} \left[\left(\frac{\partial \eta}{\partial \varphi}\right)^2 + \left(\frac{\partial \eta}{\partial \psi}\right)^2\right] d\varphi \, d\psi \leq A \psi_0 \iint_{\mathcal{D}} \left(\frac{\partial \eta}{\partial \psi}\right)^2 d\varphi \, d\psi,$$

avec

$$A = \frac{\operatorname{Max}\left[\frac{g}{V_0^2} u(\varphi, \psi_0) e^{-2T(\varphi, \psi_0)}\right]}{\operatorname{Min} u^2(\varphi, \psi)}.$$

Il en résulte que (2) est impossible si $\beta \not\equiv 0$ chaque fois que $A\psi_0 < 1$. Nous montrons qu'il suffit pour celà que les conditions suivantes soient vérifiées par les données :

$$\left(1 + \frac{\pi}{2}\right) \frac{g\psi_0}{V_0^3} < \frac{\pi}{2} - \operatorname{Max}|\theta(l)|,$$

$$\frac{g\psi_0}{V_0^3} < \operatorname{Min} \cos^2\theta(l) \, e^{-\frac{\frac{\psi_0}{\pi V_0} \operatorname{Max}\left|\frac{d\theta}{dl}\right| + \pi \left|\operatorname{Log} \operatorname{th} \frac{1}{4}\right|}{\frac{\pi}{2} - \operatorname{Max}|\theta(l)|}}.$$

---

(3) *Comptes rendus*, 198, 1934, p. 539.

MÉCANIQUE DES FLUIDES. — *Sur la théorie tourbillonnaire du profil portant en régime non stationnaire.* Note (*) de M. **Jean-Jacques Moreau**, présentée par M. Joseph Pérès.

Dans une théorie linéarisée du profil mince en régime non stationnaire, Birnbaum et ses successeurs invoquent une répartition tourbillonnaire curviligne équivalente. Les charges tourbillonnaires sont dissociées en deux sortes, susceptibles de conversion mutuelle : les *tourbillons liés,* attachés au profil et les *tourbillons libres,* emportés par le fluide. Les expressions fournies par la théorie linéarisée pour le calcul des efforts sur le profil équivalent alors à une application locale de la règle de Joukowsky aux tourbillons liés.

Nous montrons que ce résultat est rigoureux et général, pour un fluide parfait incompressible, même sans potentiel des vitesses. On découvre alors toutefois le caractère arbitraire de cette dissociation de la couche de glissement en éléments tourbillonnaires de deux sortes et un point de vue plus simple vient s'imposer naturellement.

Soit C une *ligne de discontinuité contrainte,* c'est-à-dire séparant deux portions D′ et D″ de fluide à des pressions différentes, évoluant de manière quelconque. Soit

$$\zeta = \frac{1}{2}(u'_T - u''_T)$$

la densité linéaire de la répartition tourbillonnaire équivalente. Nos études sur les discontinuités libres ([1]) ont imposé comme vitesse conventionnelle *dans* la couche de glissement, la *vitesse médiane*

$$\vec{u}^M = \frac{1}{2}\left(\vec{u}' + \vec{u}''\right).$$

Un calcul de cinématique donne, pour la discontinuité tangentielle d'accélération,

$$J'_T - J''_T = 2\left(\frac{D_M}{Dt}\zeta + \lambda_M\zeta\right), \tag{1}$$

où λ_M est la dilatation linéaire de la *couche médiane* C_M. On note D^M/Dt une dérivée prise en suivant un élément de cette couche.

L'annulation de $J'_T - J''_T$ (cas de la discontinuité libre) exprime ainsi que la *charge tourbillonnaire* de tout arc entraîné dans le mouvement de la couche C_M reste invariante au cours du temps.

Dans le cas général on peut concevoir comme suit une *bipartition des charges* entre deux couches différentes, par exemple C_M et une autre couche de référence C_R, glissant sur C : On décompose ζ en deux termes ζ_M et ζ_R de telle

(*) Séance du 16 juin 1952.

sorte que la dérivée par rapport au temps de la charge totale d'un arc $A_R B_R$, lié à C_R,

$$\frac{d}{dt}\int_{A_R}^{B_R} \zeta \, ds = \int_{A_R}^{B_R} \left(\frac{D^R}{Dt} \zeta + \lambda_R \zeta \right) ds$$

dépende uniquement du mouvement des charges de densité ζ_M, *dites liées à* C_M, qui franchissent les bornes A_R et B_R, selon le bilan

$$-[\zeta_M (u_T^M - u_T^R)].$$

Cela donne la condition locale

$$\frac{D^R}{Dt}\zeta + \lambda_R \zeta + \frac{\partial}{\partial s}[\zeta_M (u_T^M - u_T^R)] = 0,$$

d'ailleurs symétrique en R et M, car les deux couches jouent des rôles réciproques. La relation (1) devient alors

$$J'_T - J''_T = -2\frac{\partial}{\partial s}[\zeta_R (u_T^R - u_T^M)],$$

d'où, en tenant compte de l'équation de l'hydrodynamique et en intégrant par rapport à s,

$$p' - p'' = 2\rho \zeta_R (u_T^R - u_T^M) + K(t).$$

Dans le cas d'une aile, la considération du bord d'attaque fournit K nul et la force subie par un élément ds de C s'écrit

$$(2) \qquad df = 2\rho \zeta_R (u_T^R - u_T^M) \, ds = \rho (u_T^R - u_T^M) \, d\Gamma_R,$$

ce qui est bien un aspect local de la formule de Joukowsky.

Le choix des vitesses de u_T^R des éléments de C_R est complètement arbitraire. On pourra prendre u_T^R nul (couche en déplacement normal). Dans le cas particulier où C est indéformable, on pourra encore définir C_R comme géométriquement liée à C (cela nous ramène au point de vue de Birnbaum). Mais dans tous les cas il paraît plus simple de déterminer C_R de manière que ζ_M soit nul, c'est-à-dire

$$\frac{D^R}{Dt}\zeta + \lambda_R \zeta = 0,$$

d'où u_T^R à une constante d'intégration près (fixée au bord d'attaque). C_R est alors une couche transportant les charges tourbillonnaires conservativement : *elle définit le mouvement propre des tourbillons*. La parenthèse de la formule (2) représente à ce moment la vitesse de déplacement relatif des tourbillons par rapport à la couche médiane, vitesse nulle dans une discontinuité libre.

Un profil épais peut être remplacé par un domaine fluide enclos dans une ligne de discontinuité contrainte. Noter toutefois que le mouvement en bloc du

fluide intérieur ne peut se concevoir que si la rotation du profil est nulle ou uniforme. On pourra également construire dans le même esprit que ci-dessus, une théorie tourbillonnaire du glissement sur une paroi solide.

MÉCANIQUE DES FLUIDES. — *Nouvelle conception du tracé des tuyères supersoniques pour souffleries.* Note (*) de M. **Pierre Carrière**, présentée par M. Georges Darrieus.

La méthode consiste à utiliser pour certains problèmes, des tuyères telles que le nombre de Mach uniforme recherché ne soit obtenu que dans une portion centrale de l'écoulement, les vitesses restant plus basses à la périphérie. On peut ainsi accroître considérablement les performances d'une installation existante et résoudre plus commodément certains problèmes pratiques posés par la mise au point d'une soufflerie supersonique.

1. Soit T_0 la tuyère de forme classique correspondant au nombre de Mach maximum M_0 réalisable dans une installation donnée (débit et rapport de compression fixés). Soit S_c l'aire du col de T_0 et S l'aire de la chambre d'expérience. Construisons sur S_c une tuyère supersonique classique pour un nombre de Mach $M_1 > M_0$ et limitons son profil aux points A et B où l'aire de la section droite égale S. Nous obtenons ainsi une tuyère tronquée T_1 caractérisée par les propriétés suivantes :

1° Le débit de T_0 et de T_1 est le même, donc le rapport de compression des machines est conservé.

2° Le nombre de Mach $M_1 > M_0$ est réalisé dans le domaine PQQ'P' limité en amont par les deux lignes de Mach PQ et PQ' issues du point P de l'axe où le nombre de Mach M_1 est réalisé d'après le profil de T_1 et par les deux ondes de choc AQP', BQ'P' issues des discontinuités introduites en A et B par le changement brusque imposé à la direction de la vitesse.

3° Au droit de QQ' et à l'extérieur du domaine (M_1) les vitesses sont considérablement plus basses. Un calcul élémentaire montre que l'onde de choc d'amorçage arrivant dans cette zone crée au total une perte de charge légèrement inférieure à celle qu'elle donne dans la tuyère T_0.

4° L'encombrement transversal de (T_1) est le même que pour (T_0).

Il résulte de ces propriétés que sans rien changer à l'installation, on pourra amorcer la tuyère (T_1) et par suite obtenir localement le nombre de Mach $M_1 > M_0$ cherché.

Pour fixer les idées, la figure 2 indique les résultats du calcul rigoureux par la méthode des caractéristiques appliqué à une installation dont le Mach maximum M_0 serait par exemple de 4,25, et donne en fonction de M_1 :

$$\frac{PP'}{AB} = L, \qquad \frac{QQ'}{AB} = H \qquad (\textit{fig. } 1)$$

(*) Séance du 29 septembre 1952.

et le rapport ϖ_1/ϖ_0 des facteurs de compression nécessaires pour l'amorçage pour (T_1) et pour (T_0).

Il en résulte que la tuyère tronquée permet de porter à 5 environ le Mach maximum réalisable, autour d'un modèle dont la longueur pourra atteindre environ les 3/4 de la hauteur de la chambre d'expérience et l'envergure maximum, les 2/10 de celle-ci.

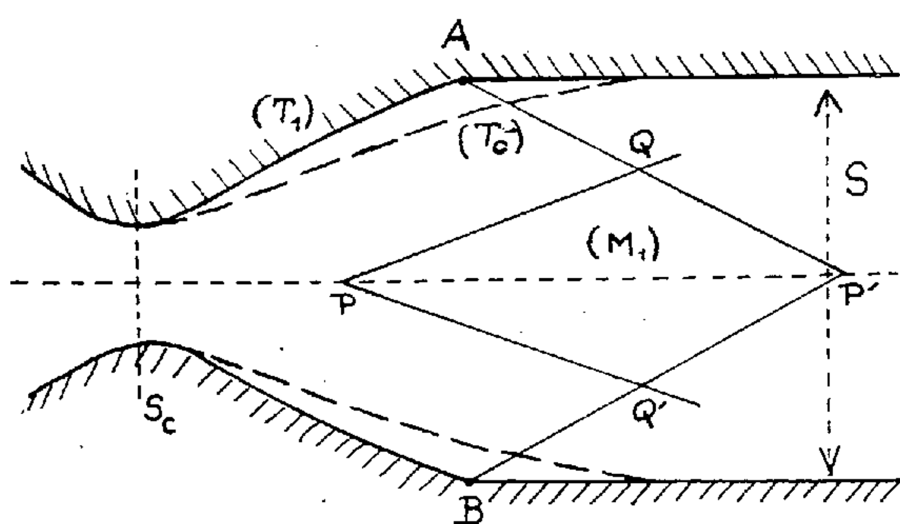


Fig. 1.

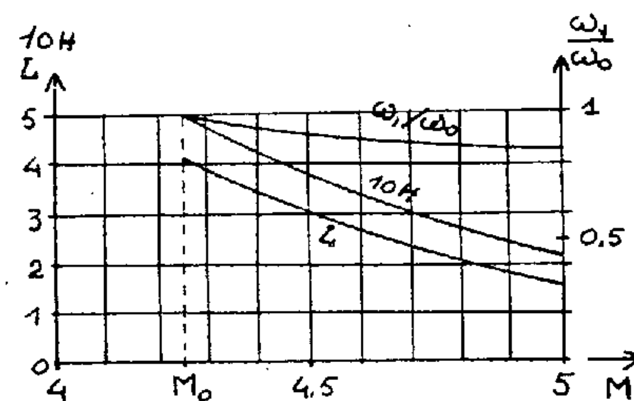


Fig. 2.

Le principe des tuyères tronquées peut d'ailleurs être avantageusement appliqué par exemple :

1° à la construction de tuyéres déformables *à col constant* et à Mach variable, en facilitant la solution mécanique du problème (longueur à peu près constante du profil à partir du col), la limite supérieure de M étant fixée par le minimum acceptable de la longueur L pour un modèle donné ;

2° à la construction de tuyères fixes mieux adaptées que les tuyères classiques aux caractéristiques de marche de machines données, puisqu'elles assurent une certaine liberté dans le choix du rapport S/S_c, pour chaque nombre de Mach.

On remarquera enfin que la réduction du domaine de mesure qu'entraîne la tuyère tronquée est rarement préjudiciable, car sauf aux petits nombres de Mach, on n'utilise qu'exceptionnellement la totalité du domaine de mesure des tuyères classiques.

AÉRODYNAMIQUE. — *Étude de la courbure au sommet d'une onde de choc attachée dans un écoulement plan non stationnaire*. Note (*) de M. **Henri Cabannes**, transmise par M. Joseph Pérès.

Étude de l'onde attachée à la pointe d'un obstacle placé dans un courant supersonique uniforme, lorsque l'obstacle est animé d'une rotation autour de sa pointe. En modifiant la vitesse angulaire de rotation, on peut obtenir n'importe quelle valeur, positive ou négative, pour la courbure du choc à la pointe; il y a exception pour deux positions particulières de l'obstacle, pour lesquelles cette courbure est infinie.

(*) Séance du 16 septembre 1951.

1. Le plan est rapporté aux coordonnées polaires r et θ ; t désigne le temps. On désigne par u et v les composantes cartésiennes de la vitesse sur les directions $\theta = 0$ et $\theta = \pi/2$; ρ est la densité, p la pression ; $\bar{c}$, $\bar{\rho}$ et $\bar{p}$ représentent la célérité du son, la densité et la pression dans l'écoulement uniforme avant le choc. On pose

$$(1)\quad \begin{cases} u(r,\theta,t) = \bar{c}\{u_0(\theta,t) + r\,u_1(\theta,t) + \ldots\}, \\ v(r,\theta,t) = \bar{c}\{v_0(\theta,t) + r\,v_1(\theta,t) + \ldots\}, \\ \bar{\rho} : \rho(r,\theta,t) = \alpha_0(\theta,t) + r\,\alpha_1(\theta,t) + \ldots, \\ p(r,\theta,t) = \bar{p}\{p_0(\theta,t) + r\,p_1(\theta,t) + \ldots\}. \end{cases}$$

En écrivant les équations des mouvements plans non stationnaires, on trouve que les fonctions d'indice zéro représentent à chaque instant soit un écoulement uniforme, soit une détente de Meyer. La première solution, que nous étudierons seule, contient quatre fonctions arbitraires du temps :

$$(2)\quad u_0(\theta,t) = u_0(t),\quad v_0(\theta,t) = v_0(t),\quad \alpha_0(\theta,t) = \alpha_0(t),\quad p_0(\theta,t) = p_0(t).$$

Les fonctions d'indice zéro étant indépendantes de θ, on trouve que les fonctions d'indice 1 possèdent la forme suivante :

$$(3)\quad \begin{cases} u_1(\theta,t) = \lambda_1(t)\cos\theta + \lambda_2(t)\sin\theta, \\ v_1(\theta,t) = \mu_1(t)\cos\theta + \mu_2(t)\sin\theta, \\ \alpha_1(\theta,t) = \nu_1(t)\cos\theta + \nu_2(t)\sin\theta, \\ p_1(\theta,t) = \sigma_1(t)\cos\theta + \sigma_2(t)\sin\theta. \end{cases}$$

Les huit fonctions du temps introduites dans les formules (3) sont liées par quatre relations, si bien que les fonctions d'indice 1 dépendent encore de quatre fonctions arbitraires du temps.

2. Nous écrivons que l'écoulement défini par les formules (1), (2) et (3) est engendré par choc dans un écoulement uniforme, suivant une certaine courbe d'équation polaire $\theta = F(r,t) = F_0(t) - [r/2\,R(t)] + \ldots$, et qu'il contourne un obstacle donné animé d'un mouvement de rotation autour du point o. Nous nous plaçons uniquement dans le cas où l'onde de choc est attachée ; l'équation de l'obstacle est la suivante : $\theta = \omega(t) - (r/2\,\mathcal{R}) + \ldots$ (les termes non écrits sont indépendants du temps). L'écoulement amont est parallèle à la direction $\theta = 0$ et a pour nombre de Mach $\overline{M}$.

Les conditions précédentes déterminent toutes les fonctions arbitraires du temps introduites dans les formules (2) et (3). On en déduit en particulier la valeur du rayon de courbure $R(t)$ de l'onde de choc au point o :

$$(4)\quad \frac{R(t)}{\mathcal{R}} = \frac{f\{\overline{M},\,\omega(t)\}}{1 + \dfrac{\mathcal{R}\,\omega'(t)}{\bar{c}}\,g\{\overline{M},\,\omega(t)\}}.$$

La fonction $f\{\overline{M}, \omega\}$ correspond à l'écoulement stationnaire; elle est définie pour $0 \leqq \omega \leqq \omega_m(\overline{M})$ et possède deux déterminations [1]. La plus grande détermination, qui correspond au choc faible (choc réel), s'annule pour un certain angle $\omega = \omega_c$ (angle de Crocco); elle est infinie pour $\omega = 0$, positive pour $0 \leqq \omega < \omega_c$, négative pour $\omega_c < \omega \leqq \omega_m$.

La fonction $g\{\overline{M}, \omega\}$ détermine l'influence du mouvement propre de l'obstacle; elle est également définie pour $0 \leqq \omega \leqq \omega_m(\overline{M})$ et possède deux déterminations. La plus grande détermination, qui correspond au choc faible, est toujours positive; elle est infinie pour $\omega = 0$ et pour $\omega = \omega_m$.

3. L'obstacle étant supposé convexe vers l'amont, $\mathcal{R}$ est positif et l'on peut énoncer les résultats suivants :

1° Lorsque la fonction $\omega(t)$ est croissante, le rayon de courbure du choc à la pointe R possède, pour chaque position de l'obstacle, le même signe que dans l'écoulement stationnaire.

Lorsque la fonction $\omega(t)$ décroît rapidement, les signes de R dans les écoulements stationnaire et non stationnaire sont différents.

Lorsque la fonction $\omega(t)$ décroît lentement, les signes de R dans les écoulements stationnaire et non stationnaire sont différents pour les valeurs de ω voisines de 0 ou de ω_m; pour les autres valeurs de ω, les signes sont identiques.

2° Pour $\omega = 0$. R est infini dans l'écoulement stationnaire, mais possède une valeur finie dans l'écoulement non stationnaire.

Pour $\omega = \omega_c$, R est nul pour toutes les valeurs de $\omega'(t)$, sauf pour celle qui annule le dénominateur du second membre de la formule (4). Pour cette valeur exceptionnelle de $\omega'(t)$, le rapport $R/\mathcal{R}$ est positif.

Pour $\omega = \omega_m$, R est nul pour toutes les valeurs de $\omega'(t)$ sauf pour $\omega'(t) = 0$ (écoulement stationnaire); pour cette valeur, le rapport $R/\mathcal{R}$ est négatif.

Le dernier résultat montre en particulier que, dans les écoulements non stationnaires, l'onde de choc attachée possède toujours une courbure au sommet infinie au moment de sa transformation en onde de choc détachée.

---

[1] Le cas des écoulements stationnaires $\omega'(t) = 0$ a déjà été étudié par L. Crocco, *Atti del I° Congresso dell'Union Matematica Italiana*, p. 597-615; par T. Y. Thomas, *Journal of Mathematics and Physics*. 27, p. 279-297 et par H. Cabannes, *Comptes rendus*, 229, 1949, p. 923-925 et 230, 1950, p. 1830-1832; *Ann. de l'École Norm. Sup.*, 69, fasc. 1.

BALISTIQUE. — *Sur une nouvelle méthode pour déterminer en soufflerie les caractéristiques aérodynamiques des projectiles.* Note (*) de M. **André Auriol**, présentée par M. Georges Darrieus.

Une maquette est lancée à faible vitesse dans une soufflerie. L'étude de son mouvement permet la détermination de sa traînée et de sa stabilité. Cette méthode élimine l'influence du support et présente par rapport au tunnel de tir, l'avantage d'une plus grande simplicité. Cette Note rend compte des premiers essais effectués.

1. *Principe.* — Dans une soufflerie verticale, on lance, à contre-courant, un projectile, avec une vitesse de quelques mètres par seconde. Si, pour fixer les idées, le projectile est lancé vers le haut, la pesanteur et la résistance de l'air diminuent progressivement sa vitesse, l'annulent, puis la font changer de signe. L'étude de la trajectoire par les méthodes de balistique employées au tunnel de tir permet de déterminer les caractéristiques aérodynamiques du projectile : C_x, C_z, C_m, etc.

D'autres variantes sont possibles suivant l'équipement dont on dispose :

1° Si l'écoulement est dirigé de bas en haut, on peut choisir une pression génératrice telle que la résistance de l'air et la pesanteur soient égales, ou du moins très voisines. Le mouvement du projectile peut alors être rendu relativement lent.

2° Si l'écoulement est horizontal, le projectile décrit une parabole à axe horizontal.

2. *Exemple.* — On utilise une soufflerie verticale dont l'écoulement est dirigé de bas en haut : $M = 2$; pression génératrice, 1 atm. On lance un projectile en acier : calibre, 2 cm; longueur, 15 cm; vitesse de lancement du projectile, 6,3 m/s.

Pour un $C_x = 0,7$, la vitesse du projectile s'annule et change de signe au bout d'un parcours de 50 cm et d'un temps de 1,6/10 de seconde. Pendant les 3,2/10 de seconde que dure l'observation, le projectile aura effectué, autour de son centre de gravité, autant d'oscillations que la même maquette lancée avec le même nombre de Mach au tunnel de tir sur 78 m.

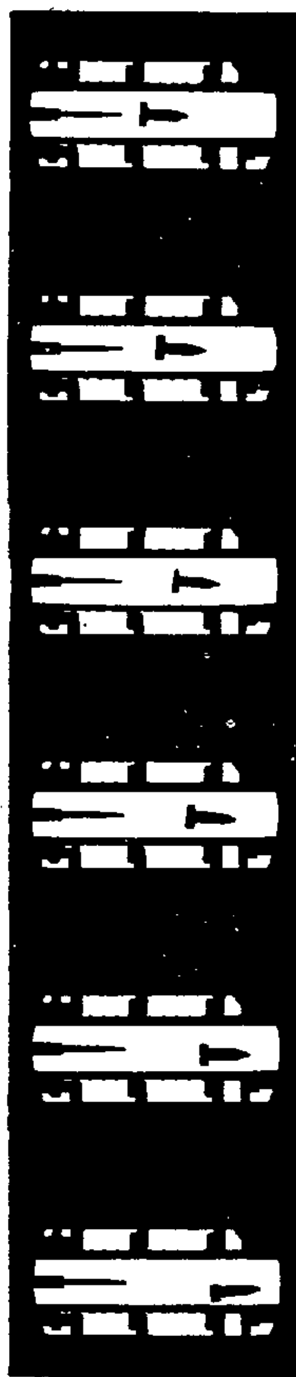
Une caméra à grande vitesse donne facilement une image tous les 1/100 de seconde et le temps exact de l'observation.

3. *Expériences déjà réalisées.* — Pour des raisons pratiques, nous avons utilisé une soufflerie verticale de haut en bas ($M = 2,7$; veine, 7×11 cm; maquette de laiton : calibre, 1,5 cm; longueur, 7 cm).

Malgré l'exiguïté de la veine, on a pu lancer des maquettes jusqu'à des distances de 20 cm sans heurter les parois. Des films ont été réalisés à partir desquels on a calculé les C_x (vues jointes).

(*) Séance du 29 septembre 1952.

4. *Avantages de la méthode.* — 1° Par rapport aux mesures dynamométriques en soufflerie : élimination de l'influence du support.



2° Par rapport au tunnel de tir : méthode moins coûteuse et plus simple permettant d'atteindre des nombres de Mach plus élevés.

3° La méthode proposée n'exige que des souffleries à temps de rafale très courts, donc faciles à construire.

THÉORIE DES ULTRASONS. — *Longueur critique pour la propagation des ondes libres dans un fluide visqueux.* Note (*) de M. **Clifford Truesdell**, transmise par M. Henri Villat.

C'est à Stokes que nous devons les premiers pas de la théorie de la propagation des ondes planes infinitésimales dans les fluides purs visqueux et piézotropes ($p=p(\rho)$). Mais ses résultats, bien que couramment cités, ne sont

(*) Séance du 29 septembre 1952.

présentés dans la bibliographie des ultrasons que sous une forme modifiée. On les a linéarisés à l'égard de la fréquence. Or, pour les ondes forcées, on a commencé enfin à trouver pour les conséquences *rigoureuses* de l'équation de Stokes (ou de Stokes-Kirchhoff) aux très hautes fréquences des confirmations frappantes par l'expérience ([1]). Pour les ondes *libres* on ne connaît que les remarques brèves de MM. Markham, Beyer et Lindsay ([2]), qui ont noté « the prediction of a frequency cutoff ». C'est ce que nous nous proposons d'examiner ici.

Bien que Stokes ait réduit les deux coefficients de viscosité à un seul par la relation $3\lambda + 2\mu = 0$, on sait ([3]) aujourd'hui qu'une telle liaison se trouve entièrement en défaut pour la plupart des fluides, et l'on rétablit le nombre $V \equiv 2 + (\lambda/\mu)$ comme paramètre matériel indépendant. Le résultat de Stokes, corrigé par l'insertion de V à la place de 4/3, donne donc en écrivant $V_0^2 \equiv dp/d\rho$, $S \equiv \mu/(\rho l V_0)$,

$$(1) \qquad p = p_0 \exp\left[-A\frac{2\pi V_0}{l}t\right]\cos\left[\frac{2\pi}{l}(\pm x + Vt)\right],$$

$$(2) \qquad A = \pi VS, \qquad \left(\frac{V}{V_0}\right)^2 = 1 - \pi^2 V^2 S^2,$$

d'où $(V/V_0)^2 + A^2 = 1$: la courbe de A en fonction de V/V_0 est un quart du cercle unitaire.

Mais ces formules ne sont valables que pour les ondes longues pour lesquelles $\pi VS \leqq 1$. Pour les ondes plus courtes, il faut les remplacer par

$$(3) \qquad A = \pi VS + (\pi^2 V^2 S^2 - 1)^{\frac{1}{2}}, \qquad V = 0.$$

Il existe donc une *longueur critique* l_C,

$$(4) \qquad l_C = \pi V \frac{\mu}{\rho V_0},$$

telle que les ondes plus courtes sont *hyperamorties* (anglais « overdamped ») et ne se propagent pas. Autrement dit, le coefficient A est fonction monotone et croissante de l^{-1} ; après la valeur $A = 1$, les ondes s'amortissent sans propagation. De plus, on a $A/(2\pi VS) \uparrow 1$.

Naturellement il ne faut pas pousser l'interprétation physique des théorèmes hydrodynamiques jusqu'à l'échelle intermoléculaire, où le fluide ne peut plus être considéré comme milieu continu. Mais nous insistons sur la conclusion

---

([1]) J. Frenkel et F. Obrastzov, *J. Phys. U. S. S. R.*, 2, 1940, p. 131; S. B. Gurevich, *Doklady*, 55, 1947, p. 17; M. Greenspan, *Phys. Rev.*, 75, 1949, p. 197; *J. Acoust. Soc.*, 22, 1950, p. 568.

([2]) *Rev. Mod. Phys.*, 23, 1951, p. 353.

([3]) L. Mandelstam et M. Leontovič, *Doklady*, 3, 1936, p. 111; L. Tisza, *Phys. Rev.*, 61, 1942, p. 531; S. Karim et L. Rosenhead, *Rev. Mod. Phys.*, 24, 1952, p. 108, etc.

importante : plus grand est V, plus l_c l'est aussi. Pour les fluides dans lesquels V est grand, la fréquence de coupure peut donc devenir assez basse pour la pratique.

Voici des ordres de grandeurs numériques (4) :

Fluide.	V.	l_c (cm).
Eau, 15°C	2	5.10^{-7}
Benzol, 15°C	100	2.10^{-5}
CS_2, 15°C	200	2.10^{-5}
CCl_4, 15°C	30	6.10^{-5}
Ne, 0°C, 1 atm	3,6	9.10^{-5}
H_2, 0°C, 1 atm	24	5.10^{-4}
CO_2, 0°C, 1 atm	2000	2.10^{-2}

Il semble que les dernières longueurs ne soient pas trop courtes, ni pour la validité des équations hydrodynamiques ni pour la pratique actuelle.

Nous avons négligé l'effet de la conductibilité thermique, dont il n'existe encore aucune analyse pour les ondes libres.

HAUTES TEMPÉRATURES. — *Sur la réalisation d'un four solaire semi-industriel au Laboratoire de Mont-Louis (Pyrénées-Orientales).* Note de M. **Félix Trombe**, présentée par M. Paul Lebeau.

La construction d'un four solaire semi-industriel comportait comme principale difficulté la réalisation d'un paraboloïde de très grandes dimensions susceptible de concentrer, à son foyer, des quantités importantes d'énergie solaire.

Le montage qui vient d'être terminé, au cours de l'année 1952, au Laboratoire de l'Énergie Solaire de Mont-Louis, grâce au concours du Comité d'Action Scientifique de Défense Nationale, du Centre National de la Recherche Scientifique et du Service des Poudres, peut fournir, sous forme thermique, une puissance de 75 kW. Il se compose d'un orienteur plan de 125 m² qui renvoie, suivant un axe horizontal, un faisceau de lumière parallèle sur un miroir convergent (paraboloïde de 90 m²).

L'orienteur supporte 500 glaces planes de 50 × 50 cm dont les plans réflecteurs sont rendus parallèles par réglage optique. Sa rotation autour de deux axes perpendiculaires est obtenue par l'action de vérins fonctionnant sous pression d'huile.

---

(4) Les valeurs de V sont déterminées comme il suit : pour les liquides, expériences directes de L. Liebermann, (*Phys. Rev.*, 75, p. 1415 et 76, 1949, p. 440); pour les gaz, le CO_2 excepté, des coefficients d'absorption donnés en Tablean 49 de L. Bergmann (*Der Ultraschall*, 5e éd., Zürich, 1949); pour le CO_2, ceux (sans doute trop grands) de Tisza, (*loc. cit.*).

L'appareil est réglé automatiquement par un dispositif optique secondaire comportant l'éclairement de cellules photoélectriques lorsque, par suite du déplacement du Soleil, le rayonnement qu'il réfléchit n'est plus parallèle à l'axe optique du paraboloïde. Le courant des cellules, amplifié électroniquement, agit directement sur les tiroirs distribuant l'huile sous pression vers les vérins commandant la position de l'héliostat.

On réalise ainsi, de façon continue et sans aucune oscillation, la mise en direction du rayonnement solaire parallèlement à l'axe du paraboloïde. Il a été vérifié que les changements accidentels d'orientation du rayonnement réfléchi dus, par exemple, à l'action du vent sur l'orienteur, étaient corrigés automatiquement avec une grande rapidité (moins d'une demi-seconde).

La carcasse du miroir convergent est composée de 5 couronnes coaxiales à peu près équidistantes les unes des autres et situées sur un paraboloïde fictif de 6 m de distance focale. Sur ces couronnes viennent s'appuyer des plans supports trapézoïdaux, d'une surface moyenne de 0,7 m^2, et dont l'orientation est réglable. Chacun de ces plans porte 24 glaces élémentaires.

La concentration de l'énergie solaire au moyen de cet appareil s'inspire des principes suivants :

a. superposition des images données par les glaces élémentaires;

b. courbure de chacune des glaces élémentaires par contrainte mécanique permanente, de manière à réduire à une surface minimum l'image du Soleil qu'elles donnent au « foyer ».

Ce procédé permet de diminuer beaucoup le nombre des glaces nécessaires pour obtenir une concentration donnée d'énergie solaire. Dans le cas présent, 3 500 glaces courbées donnent approximativement la même concentration d'énergie que celle que l'on obtiendrait par la superposition des images de 20 000 glaces planes.

Le four solaire semi-industriel de Mont-Louis a été calculé pour donner une température maximum d'équilibre de 3 400° C, ce qui correspond à une température pratique de travail de 2 900 à 3 000° C.

Actuellement, les réglages n'étant pas terminés, la température maximum d'équilibre est de 2 800° C, et la température de travail de 2 500 à 2 600° C. Mais l'étalement de l'image au foyer peut être fortement diminué, ce qui doit permettre d'atteindre la température maximum prévue.

Dès maintenant, l'installation de Mont-Louis permet la fusion ou le traitement de masses importantes de matières ultra-réfractaires et la fusion du fer à raison de 60 kg à l'heure, soit une demi-tonne par jour.

De nombreuses recherches sont en cours pour définir les domaines d'utilisation pratique de ce four solaire semi-industriel, conçu comme prototype d'installations beaucoup plus puissantes qui seraient facilement réalisables suivant les mêmes principes.

ÉLECTRICITÉ. — *Sur la protection de dépôts minces de molybdène par une couche de* SiO *obtenue par évaporation sous vide.* Note de M. **Charles Feldman**, présentée par M. Eugène Darmois.

Au cours de notre étude de la conductibilité électrique des couches métalliques minces recouvertes d'un diélectrique, il nous a paru intéressant d'examiner dans quelle mesure la couche diélectrique peut offrir une protection contre l'action de l'atmosphère. Comme métal, nous avons choisi le molybdène parce qu'en contact direct avec l'air, sa résistance augmente rapidement; comme diélectrique, nous avons choisi SiO à cause de ses excellentes propriétés protectrices ([1]).

Le procédé expérimental a été déjà décrit ([2]); SiO a été formé en chauffant très lentement un mélange de poudres de Si et de SiO_2 dans un enroulement conique en fil de tungstène.

La figure 1 donne la variation de la résistance R en fonction du temps dans l'air atmosphérique à température ordinaire pour une couche non protégée (courbe A), une couche protégée par SiO (courbe B) et une couche protégée par un dépôt de SiO, environ quatre fois plus épais (courbe C); les épaisseurs des dépôts de SiO qui n'ont pas été mesurées, étaient de l'ordre du micron. On constate que le dépôt plus épais offre une protection assez bonne.

Un autre type de mesures est illustré par l'exemple de la figure 2. Trois couches minces de Mo recouvertes de SiO ont été faites simultanément, l'une a été conservée sous vide (courbe A), une autre dans l'air sec à température ordinaire (courbe B) et la troisième dans l'air sec à la température de l'azote liquide. Sous vide, le vieillissement est faible, plus faible que sans couche protectrice; il est probablement dû à une modification de la structure du film. A la température de l'azote liquide, il y a d'abord une variation assez rapide, puis une décroissance plus lente, mais lorsqu'on revient à la température ordinaire, la résistance reprend exactement la valeur ($5,79.10^5\ \Omega$) qu'elle avait avant d'être refroidie; à basse température, il semble donc qu'il n'y a pas d'oxydation de la couche; il se peut que les évolutions observées soient dues à des effets d'absorption réversibles. Après son retour à la température ambiante, la résistance suit un vieillissement analogue à celui de la courbe B de la résistance non refroidie.

Comme la variation de résistance est moins rapide dans le cas d'une couche protectrice épaisse, et qu'à basse température, il n'y a pas de variation par oxydation, nous pensons que l'oxydation à température

---

([1]) Flamant, *J. Phys. Rad.*, 11, 1950, p. 380.

([2]) C. Feldman, *Comptes rendus*, 234, 1952, p. 1858.

ordinaire du dépôt de Mo est due à la diffusion à travers la couche de SiO, soit du métal, soit de l'oxygène, suivant un mécanisme du type proposé par Mott (³). L'avantage de la couche diélectrique évaporée, du point de vue de l'étude des processus d'oxydation est que son épaisseur peut être

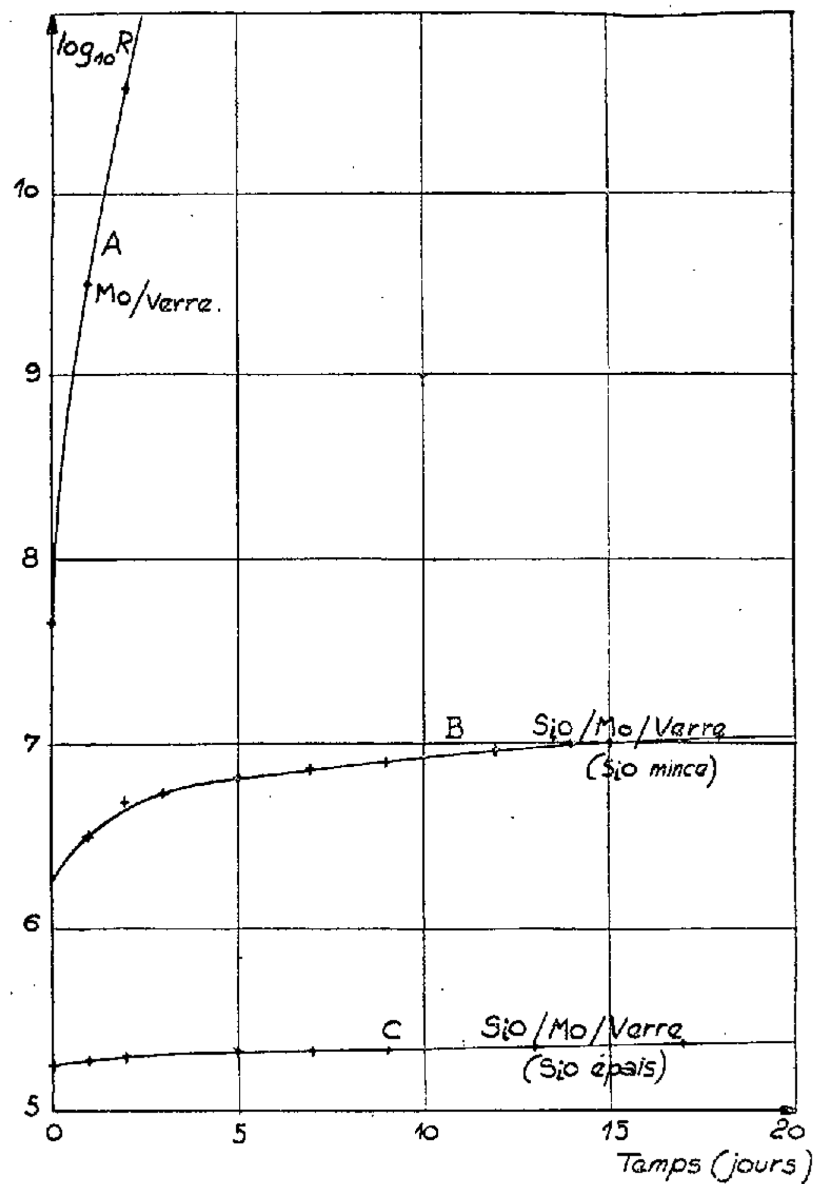


Fig. 1.

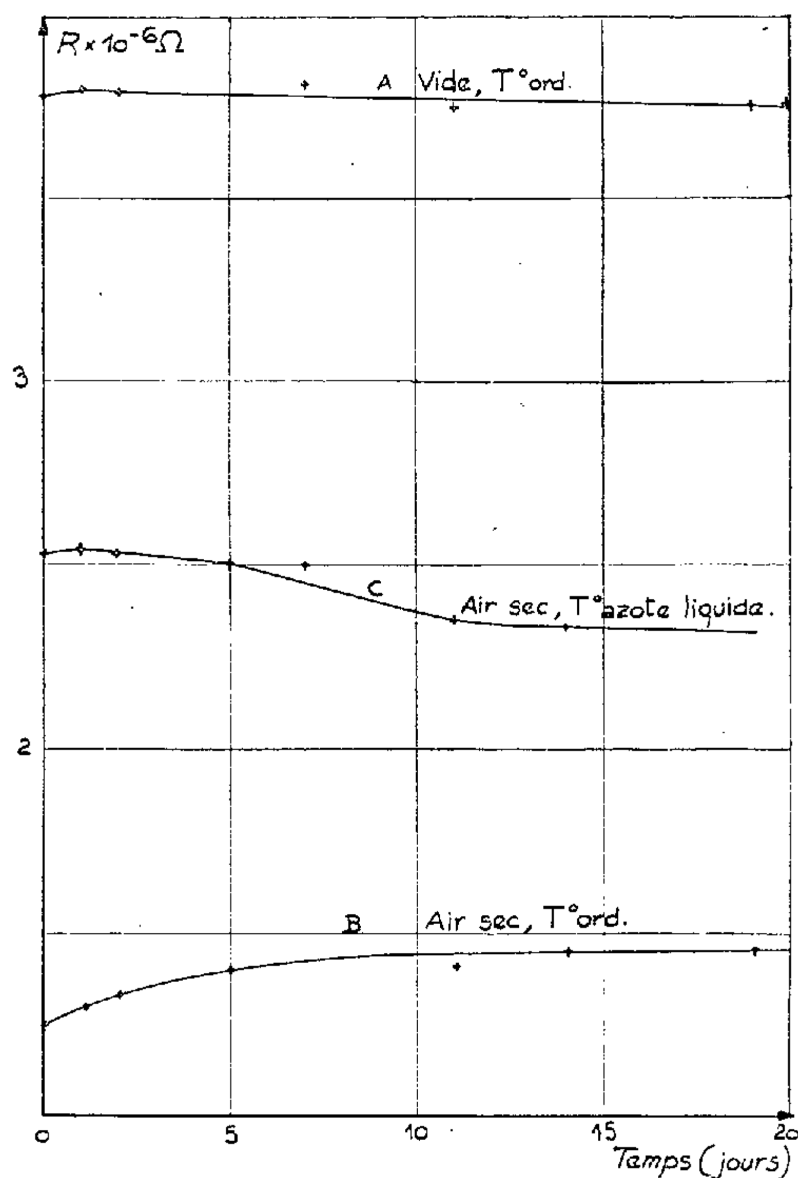


Fig. 2.

choisie à volonté, ce qui permet de réduire la vitesse d'oxydation à une valeur facilement mesurable. D'autre part, l'oxydation pourrait être suivie très commodément par des mesures de résistance électrique, à condition d'employer des couches métalliques minces et de déterminer par des mesures préalables la relation entre l'épaisseur et la résistance électrique.

ÉLECTRICITÉ. — *Sur les changements dans la conductibilité électrique des métaux lors de la fusion.* II. Note de Mlle **Geneviève Sutra**, présentée par M. Eugène Darmois.

La discontinuité au point de fusion signalée dans la Note précédente s'explique en admettant que les électrons de conductibilité des métaux ont à leur disposition, non le volume total, mais un volume inférieur.

(³) *J. Chim. Phys.*, 44, 1947, p. 172-180.

Dans une Note précédente [1] j'ai montré qu'une corrélation nette existait entre la variation de volume et la variation de résistivité au point de fusion. Les théories émises jusqu'ici s'appliquent à peu près aux métaux qui augmentent de volume en fondant, mais pas du tout à ceux qui diminuent de volume. La théorie électronique des métaux, même sous sa forme la plus moderne, montre que la conductibilité σ est proportionnelle au produit $n\tau$ (n, nombre d'électrons de conduction par centimètre cube; τ, temps de relaxation qu'on peut écrire $\tau = l/v$; l, chemin moyen entre deux chocs; v, vitesse d'agitation des électrons). Quelles sont celles de ces quantités qui peuvent varier au point de fusion ? La dissociation du métal en ions + et électrons doit dépendre de la température; on ne voit pas pourquoi elle serait différente pour le solide et le liquide au point de fusion. Nous admettrons que n change parce que le volume total V change; n variera donc comme V^{-1}. L'agitation thermique des électrons dépend de T; elle doit être la même pour le solide et le liquide au point de fusion; v reste la même. Comment change l? C'est ici que nous proposons d'admettre une idée nouvelle. Quelle que soit la nature du « choc » entre l'électron et les ions du réseau, il faut penser que le volume accessible aux électrons est, non le volume total V, mais un « volume libre » $\varphi < V$; φ serait par exemple le volume situé entre les ions. Nous supposons que l, corde du volume φ, varie comme $\varphi^{1/3}$. Finalement, au point de fusion, σ variera comme $V^{-1}\varphi^{1/3}$. Les variations du volume V sont de quelques % au plus; ce seront donc surtout les variations de φ qui devront rendre compte de celles de σ.

Nous choisirons comme exemples : Hg pour les métaux qui augmentent de volume en fondant et Bi pour ceux qui diminuent.

Pour un atome g de Hg, au point de fusion, $V_s = 14{,}166\ \text{cm}^3$; $V_l = 14{,}686$; $\sigma_s/\sigma_l = 4{,}2$.

Supposons que le volume libre est égal au volume total, moins le volume des ions. Celui-ci n'est pas nécessairement le même à l'état solide et à l'état liquide; posons $\varphi_s = V_s - x$; $\varphi_l = V_l - \alpha x$; en employant des valeurs approchées, pour V_s et V_1, on aura

$$4{,}2 = \frac{14{,}7}{14{,}2}\left(\frac{14{,}2 - x}{14{,}7 - \alpha x}\right)^{\frac{1}{3}}. \qquad (1)$$

La connaissance de α exige celle de x. Les tables de rayons atomiques et ioniques proposent pour Hg le rayon 1,49 Å et pour Hg^{++} le rayon 1,11 Å; le rayon de Hg^{+} serait intermédiaire. On sait que les plus grandes divergences existent entre les valeurs de n déduites des diverses propriétés où interviennent les électrons. Nous ferons seulement le calcul du volume occupé par 6.10^{23} sphères de rayons 1,49 et 1,11 Å; on trouve respectivement 8,315 et 3,435 cm³. Nous

[1] G. SUTRA, *Comptes rendus*, 234, 1952, p. 2589.

prendrons 5 cm³ comme valeur à essayer dans (1) pour x. On trouve ainsi $\alpha = 2,91$, soit $\alpha x = 14,55$; $\varphi_s = 14,17 - 5 = 9,17$; $\varphi_l = 14,69 - 14,55 = 0,14$.

Le rayon de l'ion Hg serait multiplié par 1,42 à l'état liquide.

Pour un atome g de Bi, on a de même $V_s = 21,605$; $V_l = 20,895$; $\sigma_s/\sigma_l = 0,4$, D'où l'équation

$$(2) \qquad 0,4 = \frac{20,895}{21,605}\left(\frac{21,605 - x}{20,895 - \alpha x}\right)^{\frac{1}{3}}.$$

On trouve également dans la bibliographie les rayons 1,72 et 1,10 Å pour Bi et Bi^{+++}, d'où les volumes 12,79 et 3,35 cm³. La valeur intermédiaire 8 cm³ portée dans (2) donne le résultats *absurde* $\alpha = -21,4$. Pour satisfaire à (2), il faudrait $0 < \alpha < 1$ et $20,13 < x < 21,60$, c'est-à-dire *un ion plus volumineux à l'état solide qu'à l'état liquide* et beaucoup plus gros que l'on a accoutumé de le penser.

Cette différence entre les comportements du mercure et du bismuth nous semble pouvoir être mise en parallèle avec leurs propriétés magnétiques. On sait que les deux métaux sont diamagnétiques; leur susceptibilité est parfaitement constante de part et d'autre du point de fusion; mais elle subit au point de fusion une discontinuité. Pour Hg, c'est $-0,155.10^{-6}$ avant fusion et $-0,19.10^{-6}$ après fusion; pour Bi, c'est $-1,60.10^{-6}$ avant et $-0,08.10^{-6}$ (20 fois moins) après. La théorie du diamagnétisme s'est un peu modifiée depuis celle de P. Langevin, mais en gros la susceptibilité est proportionnelle au carré moyen du rayon des « orbites » des électrons. Dans notre idée ces orbites sont décrites à l'extérieur des ions; le rayon de ceux-ci augmente donc pour Hg quand on passe du solide au liquide; pour Bi au contraire, il augmente *considérablement* quand on passe du liquide au solide. Le volume libre varie en sens inverse du volume total dans les deux cas.

RADIOÉLECTRICITÉ. — *Liaisons radioélectriques à très grande distance.* Note (*) de MM. **Ewald Harnischmacher** et **Karl Rawer**, présentée par M. Jean Cabannes.

Les résultats expérimentaux sur liaisons antipodes nous amènent à envisager des déviations latérales par réflexion ionosphérique. Une réflexion ayant lieu dans un plan presque horizontal sur une plage d'ionisation semble possible pendant certaines heures. Pour une telle réflexion la diminution de l'intensité par divergence des rayons a été estimée.

On suppose d'habitude que la propagation des ondes décamétriques à très grande distance se produit le long de l'orthodromie, soit sur l'arc mineur, soit sur l'arc majeur. Or ce raisonnement n'est plus applicable à une liaison entre des

(*) Séance du 29 septembre 1952.

points antipodes qui se trouvent en même temps sur une infinité d'orthodromies. L'un de nous (1) a récemment pu introduire une méthode simple pour calculer la propagation radioélectrique dans ces conditions. Elle se présente comme une extension logique de notre méthode analytique de prévision appliquée dans le cas de distances inférieures à 10 000 km (2). Nous avons pu vérifier parfaitement nos résultats par expériences entre deux stations presque antipodes. D'ailleurs une variante de cette nouvelle méthode permet aussi le traitement élégant des liaisons couvrant des distances comprises entre 10 000 et 20 000 km (1).

Pour délimiter les limites d'application de la méthode précausée pour les antipodes, on se heurte à la notion « point » antipode ; ce terme doit être interprêté ici d'une manière plutôt physique que mathématique. Une certaine indétermination est déjà due à l'optique physique (diffraction des ondes). Une indétermination plus grande encore provient des déviations latérales qui se produisent lors de la réflexion ionosphérique. Cette déviation a été calculée récemment par l'un de nous (3) dans un cas typique. Le résultat obtenu montre que la déviation introduite par un gradient horizontal de la densité électronique est assez petite, de l'ordre de 1° ; mais au lever du Soleil (maximum du gradient) la déviation peut atteindre 8 ou 10°. Tenant compte des gradients horizontaux dans les couches réfléchissantes, il n'y aura donc plus concentration exclusive des rayons au seul point antipode, mais dans une zone assez étendue et centrée sur ce point. Étant donné que le nombre des bonds est au moins de 6 et que les déviations n'auront pas toutes le même sens on peut estimer que le rayon de la zone de concentration est compris entre 500 et 1 500 km.

Nous avons examiné l'éventualité de déviations plus importantes qui pourrait expliquer certaines constatations expérimentales (4). La réflexion sur une couche ionosphérique parfaitement sphérique ne permet pas d'expliquer de grandes déviations. Or l'inhomogénité existant pendant certaines heures dans la répartition de la densité électronique des couches ionosphériques nous amène à imaginer un processus qui se placerait entre une réflexion et une diffusion. Considérons par exemple un endroit quelconque de la Terre 1 h avant le lever du Soleil : à l'Ouest de la position considérée l'ionisation est faible. Il ne peut donc pas y avoir de propagation normale en direction SW (par exemple) sur hautes fréquences. Mais vers l'Est l'ionisation augmente rapidement. Une onde

(1) E. HARNISCHMACHER, *Rapport interne du Service de Prévision Ionosphérique Militaire*, 1951.

(2) K. RAWER, *Rapport S.P.I.M.*, R 7, 1948 ; *Arch. Elektr. Uebertr.*, 5, 1951, p. 154-167.

(3) K. RAWER, *Zeitschr. angew Physik*, 3, 1951, p. 226-227 ; F. HÖCHTL et K. RAWER, *Dtsche Luftfahrtforschung* F. B. 1942 (1944).

(4) Communication privée de M. Nanninger, *Küstenfunkstelle Norddeich* (Deutsche Bundespost).

de fréquence élevée trouvera donc à l'Est une plage de forte ionisation s'étendant en direction NS; elle pourrait être réfléchie sur le front de cette plage (surface isoionique presque verticale). Cette réflexion donnera lieu à une forte déviation latérale. Une onde partant de l'émetteur en direction SE pourrait par exemple continuer son parcours après réflexion en direction SW.

Naturellement la réflexion considérée s'effectuant sur une « surface » courbe diminue de flux de l'énergie parce que la divergence des rayons augmente considérablement. Utilisant un modèle de couche inhomogène de la forme

$$\mu^2 = A^2 x^2 + B + A^2 \rho^2 z^2,$$

où μ est l'indice de réfraction, z la coordonnée verticale, x et y les coordonnées horizontales, A, B, des constantes, on obtient comme équation des rayons (³) :

$$y = \frac{\mu_0}{A} \operatorname{arc\,cosh} \frac{x}{x_0} = \frac{\mu_0}{\rho A} \operatorname{arc\,cosh} \frac{z}{z_0}.$$

Par différentiation numérique on en peut déduire la divergence des différents rayons. Supposant les paramètres $B = 0$, $A = 1,5 \cdot 10^{-3}$ (km^{-1}), $\rho = 6$ (3), un angle de départ de 2° et un azimut de 45°, une hauteur du centre de la couche de 400 km, nous obtenons un effet de divergence de 47 (23) db. Une telle perte d'énergie serait tolérable sur une fréquence élevée (soumise à une faible absorption ionosphérique) à condition qu'elle ne se produise qu'une seule fois sur le parcours.

Dans le cas d'une émission suffisamment puissante sur des fréquences supérieures à la fréquence maximum utilisable (MUF), on pourra donc s'attendre à obtenir des parcours qui se propageraient avec une forte déviation se produisant auprès du minimum d'ionisation. Un certain nombre d'observations supérieures aux MUF calculées par la méthode classique pourraient s'expliquer ainsi.

PHYSIQUE NUCLÉAIRE. — *Sur les niveaux nucléaires* A *(premiers états excités)*. Note de MM. **Salomon Rosenblum** et **Manuel Valadares**, présentée par M. Frédéric Joliot.

Les premiers niveaux des noyaux* pairs-pairs après émission α ont [1] le spin 2; il semble intéressant de signaler que leurs énergies d'excitation varient régulièrement en fonction de Z et I ($I = A - 2Z$).

Nous avons en effet observé que le rapport $(\Delta E/E\alpha_0)$ (Io) : $(\Delta E/E\alpha_0)$ (Ra) était sensiblement égal à $(\Delta E/E\alpha_0)$ (RTh) : $(\Delta E/E\alpha_0)$ (ThX) *indiquant que l'écartement relatif augmentait d'une manière analogue dans les familles* 4N *et* $4N + 2$. Ceci nous a amenés à porter la fraction $\Delta E/E_0$ des émetteurs α en fonction de Z. Dans les cas des noyaux* par rayonnement β ou par capture

(¹) Rosenblum et Valadares, *Comptes rendus*, 234, 1952, p. 2359.

électronique, nous prenons $E\alpha_0$ de l'élément correspondant; au Pb 208 correspond ainsi $E\alpha_0$ du Th C'.

Les valeurs de $\Delta E/E_0$ en fonction de $Z_I = Z - (\Delta I_1)^2/20$ sont portés dans la

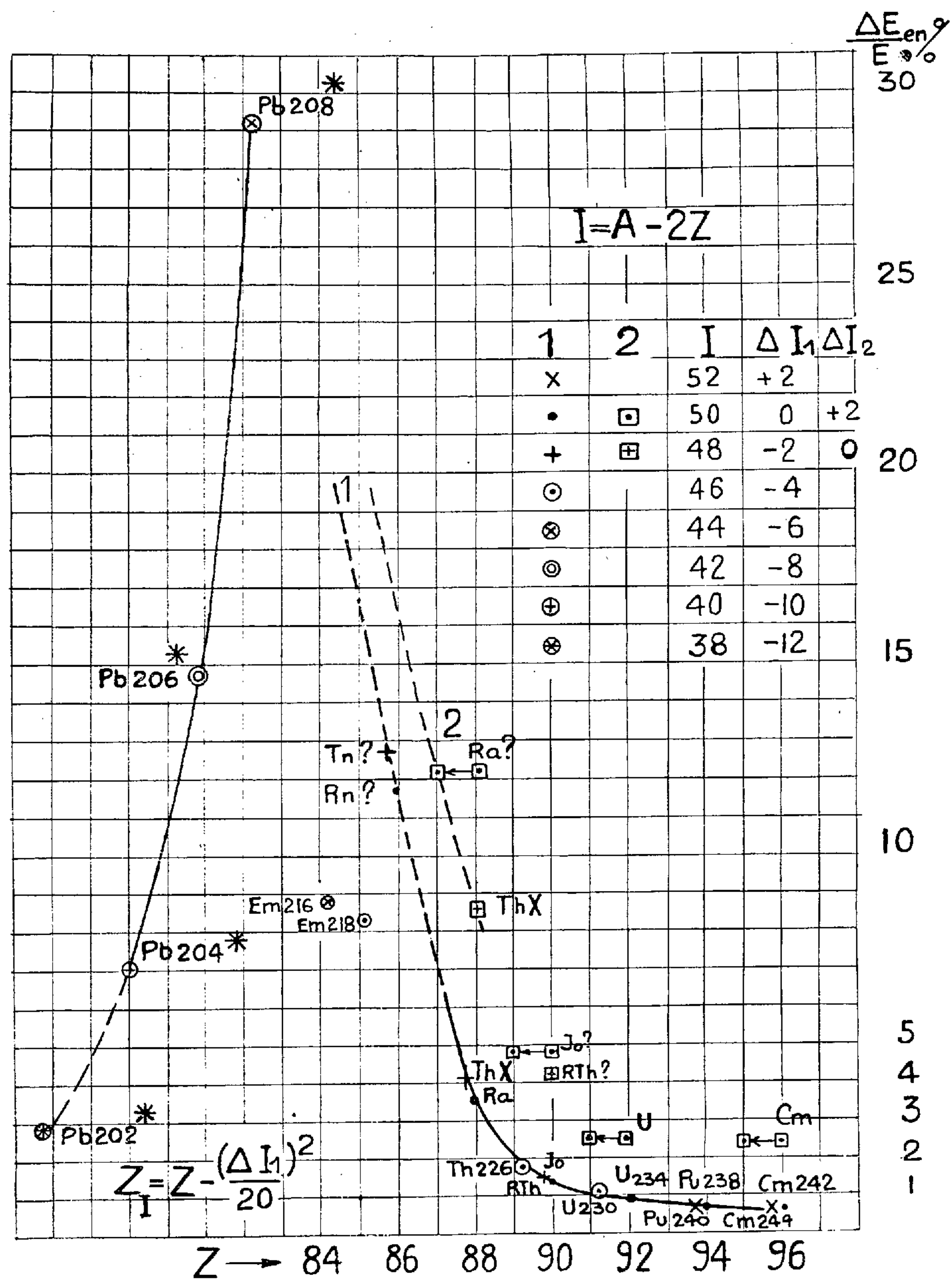


figure ci-dessus. On choisit $I = 50$ comme base, les points correspondant aux $\Delta I \neq 0$ subissant des translations vers des Z plus faibles. Pour Rn et Tn, on trouve par extrapolation environ 680 et 820 keV. Or, dans le spectre

d'électrons du Ra et successeurs ([2]), il existe trois groupes non interprétés. Si le groupe de 573 keV provenait d'une conversion K(84), on trouverait $573 + 93 = 666$ keV et en admettant que le groupe 651 keV corresponde à la conversion L_{II}, on aurait $651 + 16 = 667$ rendant probable l'existence d'un rayonnement E_2 de 666 keV. D'autre part, on avait déjà proposé d'admettre un niveau de 820 keV du Tn; ce niveau pourrait d'après Feather ([3]) expliquer le groupe α de 7720 keV, trouvé par Karlik et Bernert. Remarquons toutefois que cette hypothèse soulève certaines difficultés.

En extrapolant la partie gauche de la courbe et en portant les logarithmes de $\Delta E/E_0$ en fonction de $Z - (\Delta I_1)^2/20$ on obtiendrait une droite qui fait prévoir pour le Pb 202* un niveau vers 160 keV. Or, l'étude en cours sur quelques isotopes de Po, rendue maintenant possible par le Professeur The Svedberg et Edvin Arbman, conduit à admettre l'existence d'un niveau de 157 keV pour 202* et un autre de 374 keV est déjà connu pour 204* ([4]).

Récemment, Asaro et Perlmann ([5]) ont obtenu des résultats précis à l'aide de la spectroscopie α, qui permettent de prolonger le graphique vers les éléments plus lourds.

Remarquons toutefois que si l'on adopte pour le premier niveau du Ra C′ la valeur 606, pour celui du Th C′ la valeur 726, et pour $E\ \alpha_0$ celles correspondant aux Em 218 et 216, on obtient des points aberrants. Une étude du Rn devient importante pour fixer l'allure de la courbe ou famille de courbes entre Z 88 et 84.

Nous avons porté dans certains cas les énergies du deuxième niveau excité sur le graphique. La courbe 2 est mal définie. On ne connaît que trois points certains (Cm, U et Th X), un deuxième niveau d'environ 250 keV est rendu probable pour le R Th (dont l'observation serait gênée par α_2 du Th X.) Un niveau d'environ 200 keV semble exister, pour le Io. Cette « courbe » aurait son maximum pour Pb 208* vers 35 % ($\Delta E = 3{,}2$ MeV).

Les premiers états excités sont caractérisés par le même spin et leur écartement du niveau fondamental varie régulièrement avec Z, présentant un maximum aigu en présence simultanée des « nombres magiques » 82 et 126. Goldhaber et Sunyar et Goldhaber-Scharff ([6]) ont montré qu'il en est de même pour les noyaux légers et les autres nombres magiques. Les premiers niveaux excités semblent être simples et en général assez écartés du deuxième niveau; nous proposons de les désigner par la lettre A en réservant la lettre B pour le deuxième état.

([2]) CORK, BRANYAN, STODDARD, KELLER, LE BLANC et CHILDS, *Phys. Rev.*, 83, 1951, p. 681.
([3]) *Nucleonics*, 5, 1949, p. 22.
([4]) SUNYAR, ALBURGER, FRIEDLANDER, GOLDHABER et SCHARFF-GOLDHABER, *Phys. Rev.*, 78, 1950, p. 326.
([5]) *Phys. Rev.*, 87, 1952, p. 393.
([6]) *Phys. Rev.*, 83, 1951, p. 906 et 87, 1952, p. 218.

PHYSIQUE NUCLÉAIRE APPLIQUÉE. — *Sur une technique autoradiographique par irradiation neutronique de mise en évidence du constituant boré dans les aciers au bore.* Note (*) de Mme **Henriette Faraggi**, MM. **André Kohn** et **Jean Doumerc**, présentée par M. Albert Portevin.

L'emploi de la réaction ^{10}B (n, α) ^{7}Li rend possible la mise en évidence du constituant boré dans les aciers au bore. Les échantillons d'acier ayant préalablement subi un traitement thermique convenable sont placés contre une plaque nucléaire Ilford C_2 et soumis à l'irradiation en neutrons lents. Il est ainsi possible de mettre en évidence de fines précipitations de bore dans des aciers à 0,010 % B.

Comme on le sait, le bore présente une section efficace élevée pour l'absorption des neutrons lents, en donnant lieu à la réaction ^{10}B (n, α)^{7}Li; cette réaction nucléaire produit des particules α qui sont susceptibles d'impressionner des émulsions photographiques. Nous avons pensé que l'emploi de ce phénomène pourrait servir à l'étude de la formation du constituant boré dans les aciers au bore, qui ont déjà fait l'objet de recherches antérieures (1), (2).

Nos premiers essais étaient en cours lorsque Hillert (3) indiqua que cette réaction nucléaire avait permis de mettre en évidence de l'eutectique au bore dans un alliage à 2 % B; mais notre but était de pouvoir observer des précipitations de bore dans des aciers ayant une teneur en cet élément 100 fois plus faible et se rapprochant, par conséquent, davantage de la teneur des aciers au bore industriels.

Nous avons étudié divers échantillons contenant de 0,002 à 0,060 % B, qui avaient subi un chauffage à très haute température (entre 1100 et 1400°) et un refroidissement dans des conditions variées, de manière à faire apparaître le constituant caractéristique des aciers au bore (celui-ci est rendu visible pour l'examen micrographique par une attaque au nital ou au picrate de soude). Ces échantillons, après avoir été soigneusement polis, étaient serrés contre l'émulsion photographique à l'aide d'un dispositif approprié en bakélite et placés dans la pile atomique de Châtillon; le nombre de neutrons reçus pendant ces irradiations variait de 5.10^{11} à 10^{13} neutrons par centimètre carré.

Nous avons essayé diverses émulsions : Pathélith, microfilms, Lipmann et des émulsions nucléaires « Ilford C_2 » de 50 μ d'épaisseur; seules, ces der-

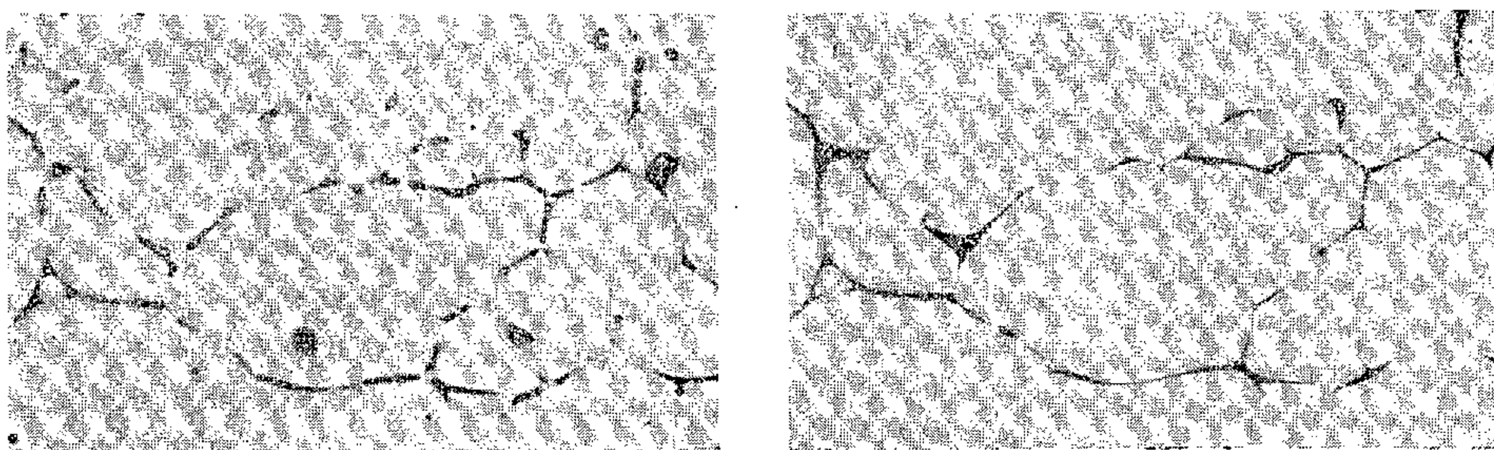
(*) Séance du 22 septembre 1952.

(1) *Premier Rapport de la Commission des aciers au bore de l'*IRSID. (*Revue de Métallurgie* **46**, 1949, p. 859-871 et **47**, 1950, p. 55-87).

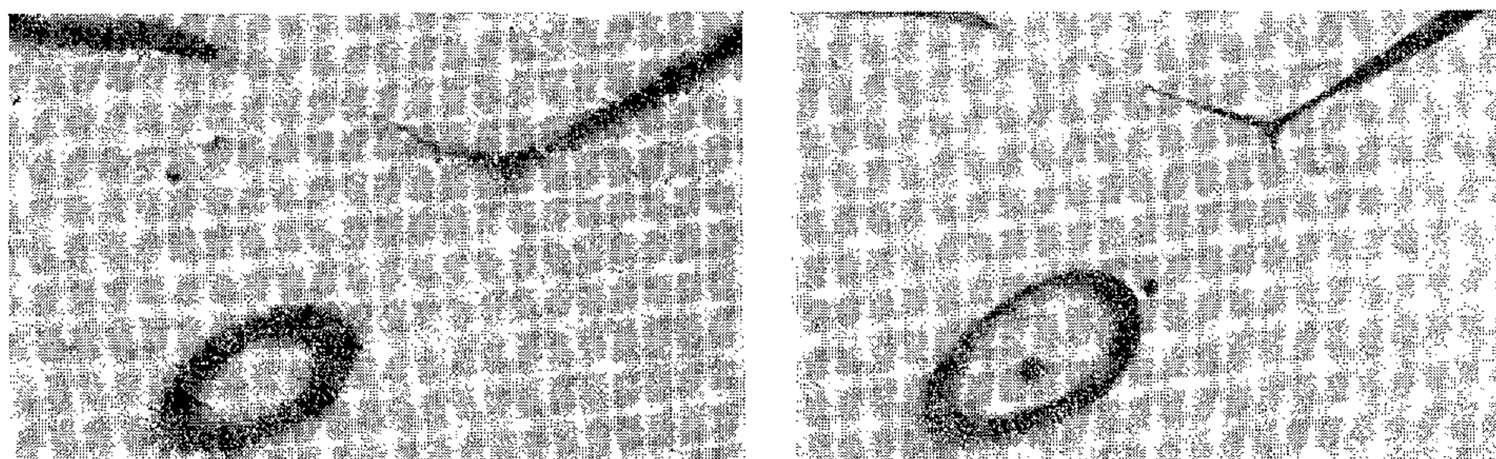
(2) *Deuxième Rapport de la Commission des aciers au bore de l'*IRSID (*Revue de Métallurgie*, **48**, 1951, p. 379-412).

(3) *Nature*, **168**, 1951, p. 39-40.

nières, qui ont été développées suivant la technique mise au point par l'un d'entre nous ([4]), ont donné des résultats satisfaisants. Ces émulsions nucléaires, qui sont facilement impressionnées par les rayons α et sont peu sensibles aux rayons γ, permettent de distinguer sans ambiguïté le noircissement dû au bore; ce dernier apparaît, en effet, à l'examen microscopique sous un grossissement élevé, comme constitué de fines trajectoires, tandis que l'impression due aux autres rayonnements parasites est formée de grains isolés.



Acier à 0,010 % B (Grossissement 100).
A gauche : Autoradiographie. — *A droite :* Micrographie (picrate de soude).



Acier à 0,010 % B (Grossissement 300).
A gauche : Autoradiographie. — *A droite :* Micrographie (picrate de soude).

Nous avons pu mettre en évidence les précipitations de bore, même dans des échantillons correspondant à une teneur moyenne de 0,010 % en cet élément. La répartition de ces précipitations apparaissait avec un excellent contraste, lorsque le flux total de neutrons reçus était de l'ordre de 10^{12} neutrons par centimètre carré. Toutefois, il n'a pas été possible d'observer sur les clichés autoradiographiques de très petites précipitations alignées, visibles seulement à fort grossissement sur les échantillons micrographiques. Nous pensons que l'emploi d'émulsions plus minces

([4]) H. Faraggi, A. Bonnet et J. Cohen, *Rapport C. E. A.*, n° 138, juin 1952; *J. Phys. Rad.* (sous presse).

(épaisseur : o μ), que nous n'avons pas encore pu nous procurer, nous permettra d'employer des flux plus importants sans être trop gênés par le voile de fond dû aux rayons γ et à l'activation de certains éléments; nous espérons qu'il nous sera ainsi possible de déceler des particules plus fines et de vérifier si ces fines précipitations contiennent bien du bore.

L'emploi de l'autoradiographie par irradiation neutronique, qui a déjà donné des résultats intéressants avec l'uranium en minéralogie ([5]) et avec le lithium en biologie ([6]), permet donc de localiser sans ambiguïté la présence de bore dans les aciers. Elle complète utilement les moyens d'investigation dont nous disposions déjà pour étudier certains phénomènes observés dans les aciers au bore.

CHIMIE PHYSIQUE. — *Monochromateur pour rayons* X *à foyer ponctuel.* Note (*) de M. **Jacques Despujols**, présentée par M. Maurice de Broglie.

Il est possible d'obtenir un faisceau de rayons X monochromatiques convergeant en un « foyer » ponctuel à l'aide de cristaux doublement courbés ([1]). Pour cela, j'ai utilisé des monocristaux d'aluminium, de pouvoir réflecteur très élevé ([2]); leur mode de préparation [recristallisation après écrouissage critique ([3])] m'a permis d'effectuer la double courbure en deux temps ([4]) :

Avant recristallisation, la lame polycristalline (de 1 mm d'épaisseur et de 20 mm de largeur) est courbée suivant un cylindre circulaire C_1 ; la recristallisation est ensuite conduite de telle sorte que dans le monocristal obtenu, le système de plans réticulaires choisi soit parallèle à l'axe du cylindre C_1 ; par application de la lame sur une surface plane, ces plans réticulaires prennent en moyenne la forme de cylindres presque circulaires; il est possible alors de courber le cristal suivant un cylindre C_2 d'axe perpendiculaire à C_1. Cet artifice est analogue à celui employé par Tiedema pour l'obtention de monochromateurs de Johansson.

Les deux rayons de courbure R et ρ doivent satisfaire à la relation

$$\rho = R \sin^2 \varphi_0.$$

La focalisation n'est donc réalisée que pour la longueur d'onde λ_0 corres-

([5]) I. Curie et H. Faraggi, *Comptes rendus*, **232**, 1951, p. 959.

([6]) A. Ficq, *Comptes rendus*, **233**, 1951, p. 1686.

(*) Séance du 29 septembre 1952.

([1]) H. Wilsdorf, *Naturwiss.*, 35, 1948, p. 313 et **38**, 1951, p. 250.

([2]) Y. Cauchois, T. J. Tiedema et W. G. Burgers, *Acta Cryst.*, **3**, 1950, p. 372.

([3]) T. J. Tiedema, *Acta Cryst.*, **2**, 1949, p. 261.

([4]) Ce travail a été effectué, dans les premiers mois de l'année 1952, au Laboratoire de Chimie physique de la Technische Hogeschool de Delft, Pays-Bas.

pondant à l'angle de Bragg φ_0. Elle n'est d'ailleurs qu'approchée. Pour le calcul de l'aberration due au défaut de focalisation, j'ai distingué deux cas :

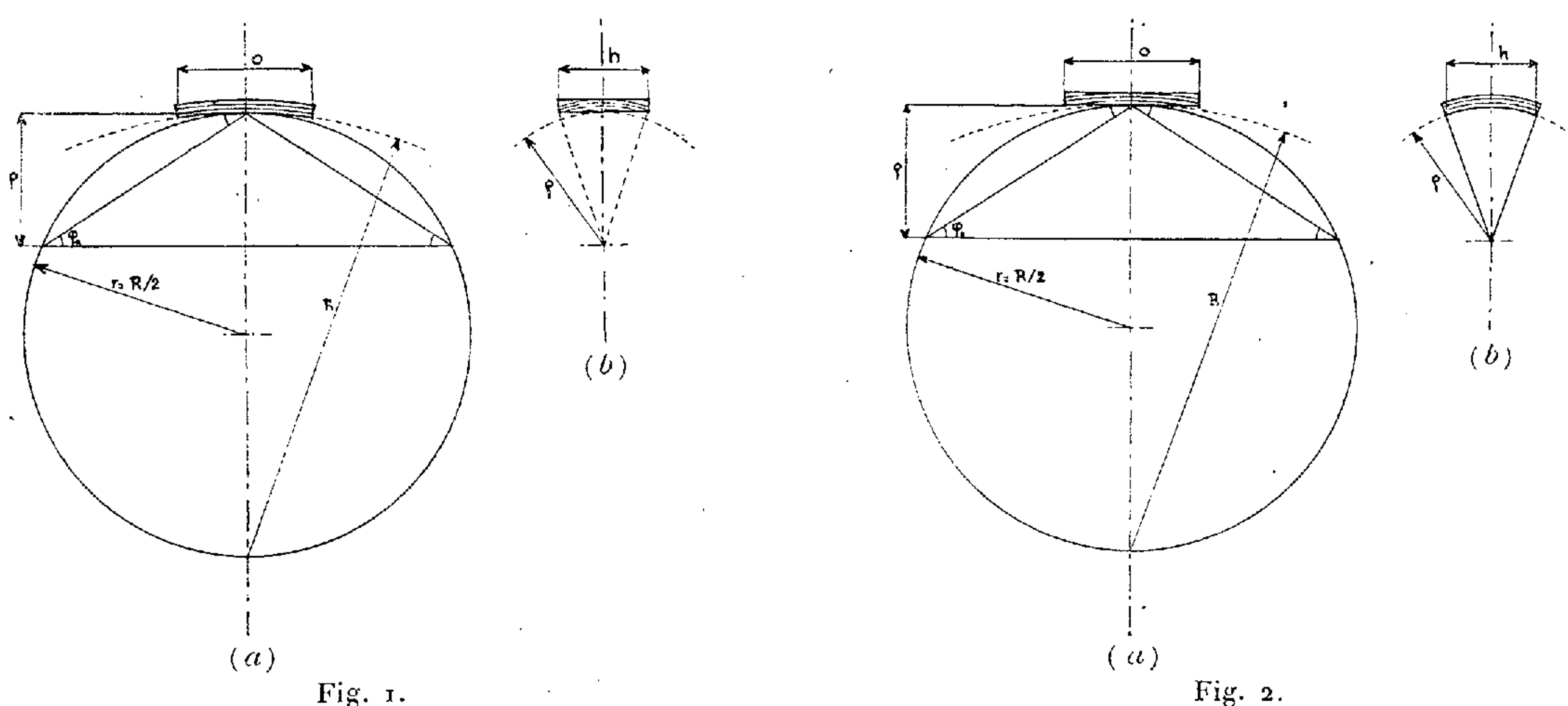


Fig. 1. Fig. 2.

Fig. 1 et 2. — Schémas de monochromateurs à double courbure.
a. Projection horizontale; *b*. Projection sur un plan de profil.

1° Si la courbure C_1 avant recristallisation est faite avec le rayon ρ et la courbure C_2 avec le rayon R (première méthode), on arrive à l'expression (avec les notations de la figure 1),

$$\varepsilon_1 = \frac{O^2}{8R\,\mathrm{tg}\,\varphi_0} + \frac{h^2\cos\varphi_0}{8R\sin^3\varphi_0}.$$

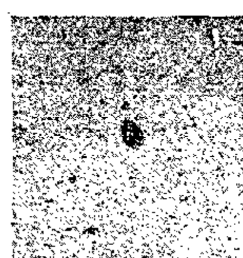
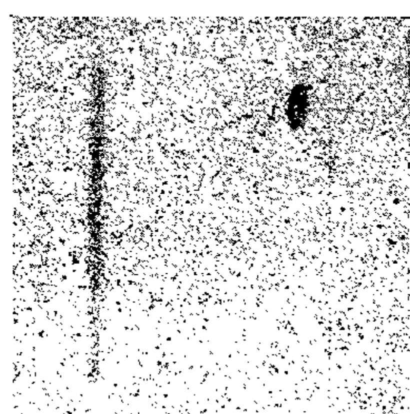


Fig. 3.



(*a*) (*b*)

Fig. 4.

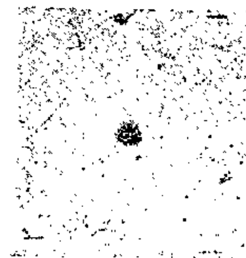


Fig. 5.

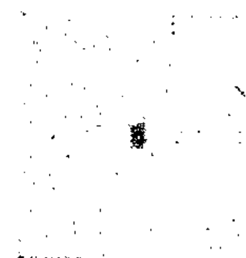


Fig. 6.

Fig. 4. — *a*. Tache obtenue avec un monochromateur de Johan; O = 19 mm, h = 10 mm. Rayonnement Kα du cuivre; 15 kV, 5 mA; temps de pose : 2 s; ε_1 = 0,36 mm. Cliché agrandi 1,23 fois. *b*. Tache obtenue avec un monochromateur à double courbure (1re méthode); mêmes dimensions du cristal et cliché pris dans les mêmes conditions que *a*. ε_1 = 0,8 mm. Cliché agrandi 1,23 fois.

Fig. 5. — Tache obtenue avec le même monochromateur que celui utilisé dans la figure 3*b*. Rayonnement Kα du cobalt. Cliché agrandi 1,23 fois.

Fig. 6. — Tache obtenue avec un monochromateur à double courbure (2e méthode); O = 5 mm; h = 10 mm; rayonnement Kα du cuivre; 15 kV, 5 mA; temps de pose : 2 s; ε_2 = 0,04 mm. Cliché agrandi 2,5 fois.

2° Si la courbure C_1 a pour rayon R et C_2 pour rayon ρ (deuxième méthode),

$$\varepsilon_2 = \frac{O^2}{4R \operatorname{tg} \varphi_0} \qquad (fig. 2).$$

La hauteur du foyer est théoriquement égale à la hauteur de la source de rayons X.

Résultats expérimentaux. — J'ai utilisé les réflexions 200, 311, 400. Le rayon R était de 40 cm. La figure 3 donne l'image, agrandie 1,23 fois, de la tache focale de l'anticathode de cuivre, vue dans la direction du faisceau X. Les figures 4 à 6 représentent quelques-unes des taches monochromatiques obtenues avec la réflexion 200. La largeur de ces taches est peu différente de l'aberration calculée ε_1 ou ε_2, augmentée s'il y a lieu (*fig.* 4 et 5) de la distance *e* qui sépare les deux raies K_{α_1} et K_{α_2} quand le doublet n'est pas résolu. (Pour la réflexion 200 et le rayonnement $K\alpha$ du cuivre, *e* est égal à 0,31 mm). Les distorsions anormales du réseau sont donc minimes.

C'est la deuxième méthode qui semble la meilleure; elle permettrait d'obtenir des monochromateurs en forme d'anneaux presque complets, très lumineux, utilisables avec des faisceaux X de très grande ouverture.

MÉTALLOGRAPHIE. — *Détermination métallographique des températures subies en service par des pièces de machines thermiques.* Note de M. **Jean Poulignier**, Mme **Charlotte Buckle** et M. **Pierre Jacquet**, présentée par M. Pierre Chevenard.

Les pellicules colorées, obtenues dans des conditions déjà décrites, ont permis de déterminer et de localiser avec une bonne précision les températures moyennes sur les faces et dans l'épaisseur d'une aube de turboréacteur en alliage au nickel-chrome après fonctionnement. Les résultats sont comparés à ceux qu'on déduit des mesures de dureté. La méthode est assez générale pour suggérer diverses extensions.

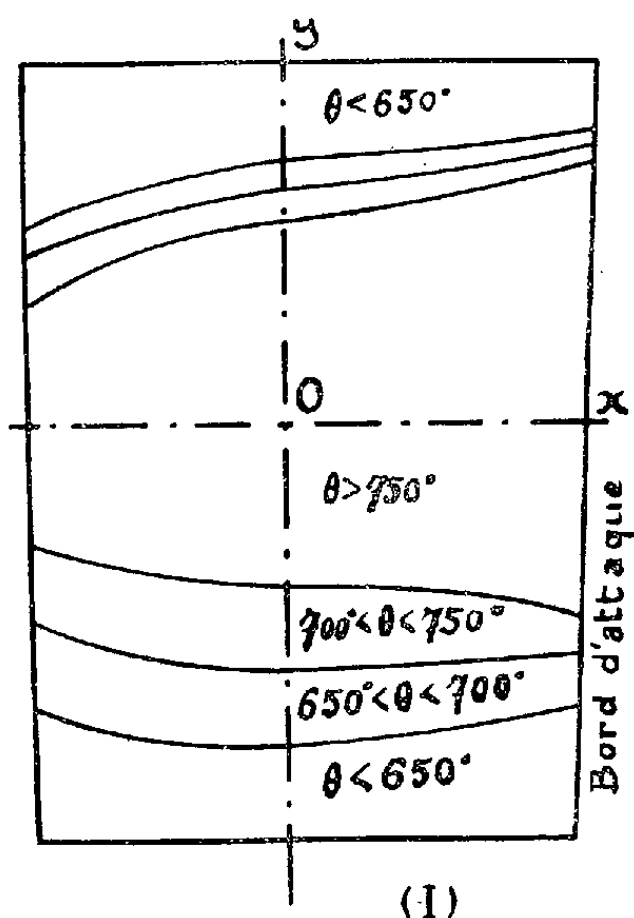
Nous avons donné précédemment le principe d'une attaque micrographique basée sur l'utilisation de pellicules colorées pour suivre l'évolution de la structure des alliages Ni—Cr du type 80-20, en fonction de la température et de la durée du traitement [1], [2].

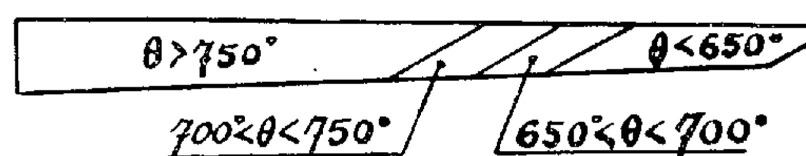
De nombreux essais nous ont montré que : 1° la méthode est fidèle; 2° sa sensibilité optima se situe dans les domaines de température et de temps correspondant aux cas d'utilisation pratique ($650° C < \theta < 850° C$; $100 h < t < 500 h$); 3° elle s'applique à des pièces de dimensions notables; 4° la présence de sollicitations d'ordre mécanique, pendant le traitement thermique, n'influe pas sur les aspects obtenus.

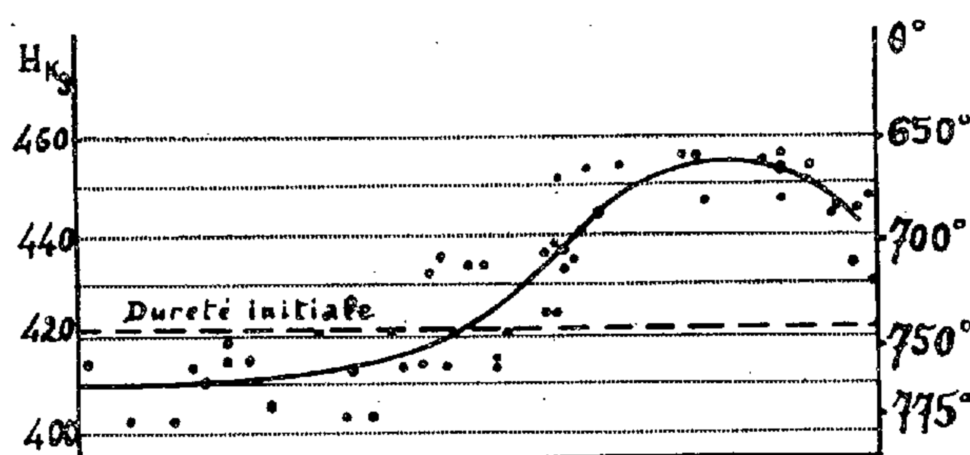
(1) Ch. Buckle et J. Poulignier, *Comptes rendus*, **233**, 1951, p. 869.
(2) J. Poulignier et P. Jacquet, *Revue de Métallurgie*, **49**, 1952, p. 541.

Ces observations nous conduisent à proposer une méthode simple d'appréciation et de localisation des températures subies par des pièces de machines thermiques au cours de leur fonctionnement.

Pour cela, on compare les aspects macro et micrographiques des différents points de la pièce avec ceux de témoins traités dans des conditions de température et de temps bien définies. Ces témoins sont préparés à partir d'échantillons prélevés dans un alliage identique à celui de la pièce.







Répartition des températures moyennes atteintes en fonctionnement dans la partie supérieure d'une aube mobile de turboréacteur.

I. — Carte des températures sur l'intrados déduite de l'examen macrographique (échelle 1).
II. — Carte des températures dans une coupe longitudinale Oy (échelle 2).
III. — Sur la même coupe et dans sa ligne médiane, courbe de microdureté.

La méthode s'applique aux alliages tenaces à chaud qu'on peut considérer comme des nickel-chrome 80/20 additionnés d'éléments qui les rendent aptes au durcissement structural. Elle a permis, en particulier, de tracer la carte des températures moyennes sur les deux faces d'une aube mobile de turboréacteur, après 150 h de fonctionnement, en se basant sur le seul aspect macrographique de l'attaque (schéma I). Les résultats ont été confirmés sur des sections longitudinales (schéma II) et transversales. A condition d'éliminer avant l'attaque les couches superficielles de structure anormale (couches oxydées ou recristallisées), les températures ont pu être estimées avec une précision de ± 15 degrés C.

A titre de comparaison, nous avons tenté de déterminer ces mêmes températures à l'aide de mesures de dureté. L'évolution thermique de l'alliage se traduit effectivement par de faibles variations de cette caractéristique, mais toute mesure correcte sur les deux faces de la pièce est interdite par sa

forme géométrique. Dans le cas des sections planes, une grande dispersion se manifeste, due peut-être à l'hétérogénéité structurale de l'alliage; ceci conduit à effectuer un très grand nombre de pointés que seule permet la microdureté. La courbe III, correspondant à une section longitudinale et sur laquelle figurent les températures déduites des valeurs des duretés des témoins, est en accord avec les déterminations macro et micrographiques.

La présente étude suggère deux extensions possibles de la méthode :

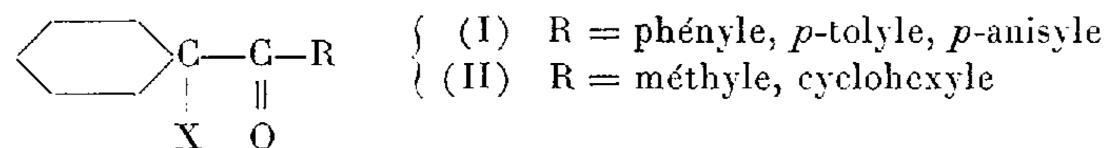
1° Dans le domaine de 600 à 850° C, on peut se servir de témoins en alliages 80/20 pour déceler les températures locales moyennes atteintes par des pièces ayant fonctionné dans leurs conditions réelles d'utilisation.

2° Dans d'autres domaines de températures, on fera appel à des alliages dont l'évolution structurale, progressive au cours du temps, peut se traduire par des aspects de pellicules colorées liés à cette évolution. Il y a lieu de noter, par exemple, que l'attaque décrite s'applique à différents alliages riches en nickel.

CHIMIE ORGANIQUE. — *Sur le mécanisme de la déshalogénation argentique des cétones α-halogénées* ⟨ ⟩C(X)—CO—C⟨ *énolisables et non énolisables.* Note (*) de Mlle **Bianca Tchoubar**, présentée par M. Marcel Delépine.

La discordance des résultats obtenus lors des déshalogénations alcaline ou argentique des cétones ⟨ ⟩C(X)—CO—C⟨ résulte de la différence essentielle des mécanismes de ces deux réactions : l'un étant ionique (milieu argentique), l'autre ne l'étant pas (milieu alcalin).

Il a été montré que les cétones halogénées non énolisables (I) soumises à une déshalogénation alcaline en présence d'un solvant hydroxylé tel que l'eau ou l'alcool, ne donnent lieu qu'à une réaction de substitution (formation de cétols) ([1]), alors que les cétones énolisables (II) conduisent dans les mêmes conditions à un mélange de cétol et d'acide transposé ([2]).



Ces résultats sont inversés lorsque la déshalogénation des mêmes cétones (I) et (II) est effectuée en milieu aqueux soit par Ag_2O soit par un sel d'argent hydrosoluble. Effectivement, dans ce cas, ce sont les cétones (II) qui donnent

(*) Séance du 29 septembre 1952.

([1]) B. Tchoubar, *Comptes rendus*, 234, 1952, p. 2544.

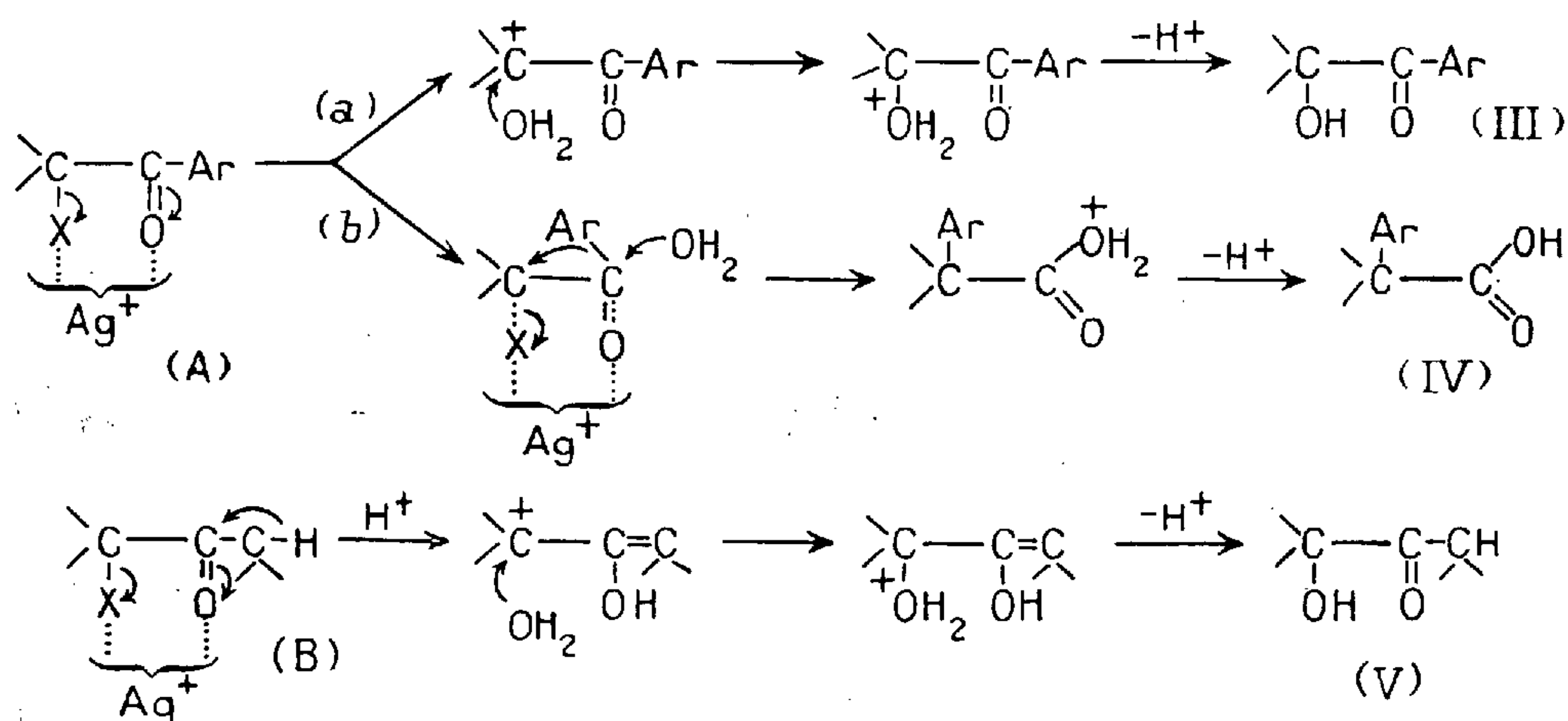
([2]) B. Tchoubar et O. Sackur, *Comptes rendus*, 208, 1939, p. 1020.

uniquement les cétols, tandis que les cétones (I) conduisent à un mélange de cétol et d'acide transposé. Cette discordance apparente trouve son explication dans le fait que, contrairement à ce qui a été soutenu ([3]), le mécanisme de la déshalogénation argentique de ces composés diffère essentiellement de celui de la déshalogénation alcaline. En effet, l'ion Ag^+ est un réactif électrophile très puissant en raison de sa grande affinité pour les électrons ([4]), par contre l'ion OH^- est un réactif nucléophile. Ainsi donc, les centres d'attaque d'une molécule par ces deux réactifs ne sont pas les mêmes : l'un est attiré par les parties négatives (halogène, oxygène du carbonyle), l'autre, par les parties positives de la molécule (carbone porteur de l'halogène ou carbone du carbonyle).

De ce fait, dans la déshalogénation alcaline des cétones α-halogénées, ce sont les ions OH^- eux-mêmes qui se substituent à l'halogène (formation de cétol) ou qui s'additionnent au carbonyle (formation d'acide transposé), alors que dans une déshalogénation argentique de ces mêmes composés, les ions Ag^+ interviennent uniquement en tant qu'inducteur d'ionisation de ces deux fonctions. Cette ionisation se fait vraisemblablement par l'intermédiaire d'un complexe du type (A) ou (B) analogue à celui qui se forme lors de la déshalogénation argentique des halogénures d'alcoyles ([5]), ([6]). La répartition des charges dans un tel complexe est différente de celle de la cétone initiale : il y a notamment augmentation des charges positives du carbone C—X et du carbone C=O. Or, l'augmentation de la charge positive de ce dernier correspond à l'augmentation de la réactivité du carbonyle vis-à-vis des réactifs nucléophiles ([7]) et elle facilite en outre l'énolisation d'une cétone lorsque celle-ci est énolisable ([8]). On peut supposer en conséquence : 1° que lorsqu'une cétone non énolisable (I) se trouve à l'état de complexe (A), la réactivité de son groupement carbonyle est suffisamment accrue pour permettre une fixation assez rapide des molécules d'eau sur ce groupement (réaction *b*) et, partant, la formation de l'acide (IV) à côté du cétol (III) résultant de la fixation de H_2O sur le carbone initialement porteur d'halogène (réaction *a*); 2° que l'ionisation des cétones α-halogénées énolisables (II) par les ions Ag^+ avec formation intermédiaire du complexe (B) est certainement plus rapide pour la forme énolique que pour la forme cétonique (analogie avec les halogénures d'allyle), ce qui explique dans ce cas la formation de cétol (V) et la non-formation d'acide.

([3]) R. B. LOFTFIELD, *J. Amer. Chem. Soc.*, 73, 1951, p. 4707.
([4]) W. H. BROMLEY et W. C. LUDER, *J. Amer. Chem. Soc.*, 66, 1944, p. 107.
([5]) G. SENTER, *J. Chem. Soc.*, 97, 1910, p. 34; 99, 1911, p. 1049.
([6]) E. D. HUGHES, C. K. INGOLD et S. MASTERMAN, *J. Chem. Soc.*, 1937, p. 1236.
([7]) M. COHN et H. C. UREY, J. *Amer. Chem. Soc.*, 60, 1938, p. 679.
([8]) M. J. S. DEWAR, *The Electronic Theory of Organic Chemistry*, 1949, p. 126.

La solution hydrodioxanique de cétone chlorée et de $AgNO_3$ est chauffée à reflux jusqu'à minéralisation complète de l'halogène; la vitesse de celle-ci dépend de la nature de X, de la structure de la cétone et de la con-



centration en $AgNO_3$. Les cétones (I) donnent des acides (IV) déjà décrits ([1]) (Rdt 30 % pour X = Br, 40 % pour X = Cl). Les cétols (III) (R = C_6H_5, F 48°; R = *p*-$CH_3C_6H_4$, F 63°; R = *p*-$CH_3OC_6H_4$, F 96°) et (V) (R = cyclohexyle, E_{18} 160°; oxime, F 157°) se forment à côté d'autres produits cétoniques secondaires dont l'étude est en cours. Le Ag_2O conduit sensiblement aux mêmes résultats.

CHIMIE ORGANIQUE. — *Étude des constituants non-glycéridiques des huiles de pulpes d'olives.* Note de M. **Robert Fuhrmann**, présentée par M. Charles Dufraisse.

Dans la préparation de l'huile d'olives de pression, la pulpe résiduelle (grignons) contient encore une quantité appréciable d'huile (10-15 %) qu'on récupère par extraction aux solvants organiques (sulfure de carbone ou trichloréthylène).

Les huiles ainsi obtenues sont fortement colorées en vert, ont une teneur en insaponifiable plus élevée que celle des huiles de pression et leur acidité est en général forte.

Comme dans la bibliographie on ne trouve presque pas de travaux sur la nature des substances non glycéridiques de cette huile et étant donné leur importance pratique, l'intérêt d'une telle étude est évident.

Voici à titre d'exemple, les caractéristiques d'une, parmi les diverses huiles étudiées :

Origine : Tunisie.
Extraction : trichloréthylène.
Indice acide : 22,4.
Indice de saponification : 193.
Indice iode : 86.
Insaponifiable : 1,5 %.
Insoluble dans l'éther de pétrole : 2,7 %.

Dosage spectrophotométrique des pigments verts totaux. — Les chlorophylles *a* et *b* ont les mêmes coefficients d'absorption spécifique, ε, pour les longueurs d'onde : 600, 581 et 568 mμ, lieu d'intersection de leurs courbes d'absorption. Si l'on connaît ces ε (1), nous pouvons exprimer la coloration de l'huile en fonction de milligrammes chlorophylles totales par 100 g d'huile sans faire aucune supposition quant à la nature des pigments verts.

En effet, le rapport des maxima dans le rouge aux maxima correspondant aux phæophytines, déterminé pour ces huiles, est de beaucoup inférieur à celui des chlorophylles intactes.

Nous obtenons pour l'huile ci-dessus une coloration équivalente à $32 \pm 3,5$ mg *chlorophylle totale par* 100 g *d'huile*; une autre huile extraite par le même solvant donne $34 \pm 3,5$ mg chlorophylle totale par 100 g d'huile.

Solvant = oxyde d'étyle purifié. *Svectrophotomètre :* Beckmann DU.

Les nombres représentent la moyenne des résultats pour les longueurs d'onde indiquées.

Nous disposons donc d'un dosage colorimétrique commode qui évite l'utilisation d'une chlorophylle étalon, facilement altérable et toujours coûteuse.

Étude de l'insaponifiable. — Par chromatographie sur alumine activée nous avons décelé la présence de quatre colorants caroténoïdes épiphasiques : l'α-carotène est en quantité prépondérante. La teneur en carotène total déterminée par spectrophotométrie est de 0,56 mg *α-carotène par* 100 g *d'huile*.

Par séparation chromatographique et cristallisation dans l'acétone et l'alcool, nous avons déterminé la nature et la composition approchée de l'insaponifiable.

Caractéristiques de l'insaponifiable total :
Indice Iode (Wijs) = 109.
Indice d'hydroxyle = 111.

Cette étude a permis de préciser la nature des divers constituants de l'insaponifiable de l'huile de grignons d'olives et il y a lieu de noter le fait caractéristique de la présence en quantité abondante dans cet insaponifiable, d'alcools aliphatiques supérieurs saturés, jusqu'ici non mentionnés dans ces huiles.

---

(1) F. P. Zscheile et C. L. Comar, *Plant Physiology*, 16, 1941, p. 651-653.

Constituant.	Insaponifiable (%).	Propriétés.	Technique utilisée.
Hydrocarbures.	32 ±1,5	Indice iode = 139. Recherche du Squalène (2) : passage HCl gaz en solution éther sec : dépôt crist. blancs, F 110-124°, (chlorhydrates isomères).	L'insaponifiable en solution benzénique est chromatographié sur alumine, seuls les hydrocarbures passent, (2).
Phytostérols...	18,5±1	Cristaux blancs caractéristiques F 128-131°. Réaction Liebermann-Burchardt, positive.	Dosage à la digitonine (3).
Mélange alcools aliphatiques supérieurs $C_{22}+C_{24}$.	50 ±2	Cristaux blancs, cireux deux fractions (*a*) F 74,5-75° (*b*) F 72,8-74°. Réactions colorées des stérols, négatives. (*a*) donne un phényl-uréthane F 86,3-87°.	Après séparation chromatographique des carbures, la cristallisation dans l'acétone les sépare complètement des stérols et des caroténoïdes. *Dosage* : par l'indice d'hydroxyle et le % stérols déterminés sur l'insaponifiable total.

Il est vraisemblable que ces alcools proviennent de cires présentes dans l'huile elle-même, car on a déjà (4) mis en évidence dans celle-ci, des acides à haut poids moléculaire.

CHIMIE ORGANIQUE. — *Sur la polymérisation de l'acide linoléique.* Note de M. Bertrand de Surville, présentée par M. Charles Dufraisse.

L'acide linoléique peut se polymériser :

Soit à l'air, par fixation de l'oxygène sur les doubles liaisons. C'est le phénomène de la siccativité;

Soit par la chaleur, sous atmosphère inerte. Il se produit alors une polymérisation vraie, s'effectuant vraisemblablement en deux étapes :

1° déplacement des doubles liaisons de façon à donner à l'acide une structure conjuguée;

2° addition ou condensation de Diels-Alder de cet acide avec une autre molécule d'acide conjugué ou non.

---

(2) H. Hadorn et R. Jungkunz, *Mitt. Lebensmittel-unters. u. Hyg.*, 40, 1949, p. 61-95.

(3) Sperry, *J. Biol. chem.* 118, 1937, p. 377.

(4) Vizern et Guillot, *Chimie et Industrie*, 23, n° 3 *bis*, p. 396.

D'après ce mécanisme, plusieurs isomères sont possibles. On appelle acide dilinoléique le mélange des acides en C_{36} obtenu à partir de l'acide linoléique; la réaction peut aller plus loin par fixation d'une troisième molécule d'acide et l'on obtient des trimères dits acide trilinoléique.

Cependant, en polymérisant par la chaleur, il se produit une importante décarboxylation.

On a montré (1) que la présence d'eau pendant la polymérisation diminuait la décomposition de l'acide et favorisait la formation du dimère aux dépens du trimère.

Si nous effectuons la polymérisation de l'acide linoléique par la chaleur sous atmosphère inerte, le rendement en acide dilinoléique sera donc influencé par trois facteurs : la température, la durée de l'opération, la quantité d'eau employée comme catalyseur.

Nous avons essayé d'étudier l'influence de ces trois facteurs et avons obtenu les résultats suivants :

Nous sommes partis d'acides gras d'huile de coton et par cristallisation avons éliminé les acides saturés. Le produit ainsi obtenu nous a servi de matière première pour les essais de polymérisation. L'analyse montre qu'il contient 73 % d'acide linoléique et 23 % d'acide oléique; ses constantes sont les suivantes : indice d'iode, 156; indice d'acide, 189.

Les polymérisations ont été effectuées à l'autoclave sous atmosphère d'azote.

Après polymérisation, les différents échantillons ont été soumis à une distillation moléculaire pour séparer les composés en C_{18}, C_{36}, C_{54} (2).

La mesure de l'indice d'iode nous a permis d'avoir rapidement une idée de la polymérisation puisque l'acide linoléique a théoriquement un indice d'iode de 181, l'acide dilinoléique un indice d'iode de 90,5 et l'acide trilinoléique un indice d'iode de 60.

Influence de la température. — 1° A 325°, pour une durée de polymérisation de 7 h et avec des quantités variables d'eau, la polymérisation est faible. Ainsi l'indice d'iode passe de 156 à 136 dans le cas le plus favorable;

2° A 340°, dans les mêmes conditions, l'indice d'iode passe de 156 à 98. La polymérisation est appréciable;

3° A 360°, dans les mêmes conditions, l'indice d'iode passe de 156 à 83. La polymérisation est satisfaisante dans ce cas.

Influence de la durée. — Pour des durées de polymérisation inférieures à 3 h, la polymérisation est faible. A partir de 4 h, elle est bonne et semble à peu près constante au delà.

---

(1) GOEBEL, *J. Amer. Oil Chem. Soc.*, 24, 1947, p. 65.

(2) T. F. BRADLEY et W. B. JOHNSTON, *Ind. Eng. Chem.*, 33, 1941, p. 86.

Influence de la quantité d'eau. — La présence d'eau diminue toujours la décomposition des acides. Nous donnons en exemple l'influence de l'eau sur la polymérisation à 360° pendant 7 h sous atmosphère d'azote.

Eau (%).	Composés en C_{36} (%).	Acide dilinoléique (%).	Produits en C_{36} décarboxylés (%).
0	38	31,5	17
1	33	28	15
3	27	24,5	11
5	27,5	25,5	7
7	25,2	24	5
20	17,5	16,5	2,5

Conclusions. — De l'ensemble de nos résultats expérimentaux, on peut conclure que la polymérisation est d'autant meilleure que la quantité d'eau est plus faible, mais que la décomposition de l'acide est d'autant plus forte que la quantité d'eau est plus faible. Aussi, dans les conditions opératoires utilisées, pour obtenir le meilleur rendement en acide dilinoléique, on opérera vers 360° pendant 5 à 7 h et en présence d'environ 5 % d'eau.

CHIMIE ORGANIQUE. — *Dérivés N-alcoyles du phényl-1 amino-2 propanediol-1.3. Application à la synthèse d'une chloromycétine N-méthylée.* Note de MM. **Albert Funke** et **Pierre Kornmann**, présentée par M. Jacques Tréfouël.

Par action de différentes amines primaires et secondaires sur l'éther benzylidénique du phényl-1 bromo-2 propanediol, les auteurs préparent des dérivés N-alcoylés du phényl-1 amino-2 propanediol-1.3. Du dérivé N-méthylé, ils passent à la N-méthylchloromycétine.

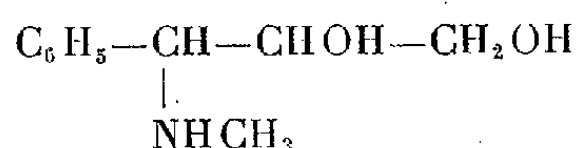
Dans une précédente Communication ([1]) nous avons signalé que l'action de l'ammoniac sur l'éther benzylidénique du phényl-1 bromo-2 propanediol-1.3 permet une synthèse facile du thréo phényl-1 amino-2 propanediol-1.3. Nous avons essayé de généraliser la méthode en employant, non plus de l'ammoniac, mais des amines. On obtient ainsi les dérivés N-substitués correspondants auxquels, par analogie avec le produit non substitué, nous attribuerons provisoirement la configuration thréo.

Cette réaction présente un double intérêt. D'une part, elle permet d'accéder à des dérivés ω-hydroxylés de la série de la pseudo-éphédrine, à partir desquels on peut passer à la série de l'éphédrine par une inversion de Walden; d'autre part, elle permet la synthèse de dérivés N-substitués de la chloromy-

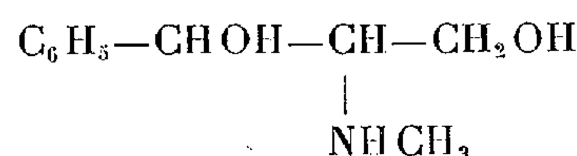
([1]) *Comptes rendus*, 233, 1951, p. 1631.

cétine. Dans l'étude des relations entre structure et activité, il est en effet intéressant de savoir si, dans la formule de la chloromycétine, une substitution de l'hydrogène de la fonction amide par un radical alcoylé entraîne une perte d'activité bactériostatique.

Préparation des amines. — La solution benzénique de l'amine est chauffée en tube scellé avec le benzal bromé. Après coupure de l'aminobenzal par ClH 3N, on obtient le chlorhydrate cherché. Le premier corps de cette série, le dérivé N-méthylé, a déjà été signalé par Cherbuliez ([2]) qui indique des constantes physiques très différentes de celles du composé que nous avons obtenu. Mais, en faisant agir à froid pendant deux jours une solution benzénique de monométhylamine sur du phényl-1 bromo-2 propanediol-1.3, nous avons isolé un produit solide fondant à 110° identique au composé de Cherbuliez. Son spectre d'absorption est le même que celui de l'isoéphédrine tandis que celui de l'aminoglycol, que nous avons obtenu par l'intermédiaire de l'aminobenzal, est identique à celui de l'éphédrine Ces comparaisons permettent d'éliminer l'hypothèse d'une isomérie *cis-trans* et d'attribuer à l'amine de Cherbuliez la structure iso



et à notre composé la formule

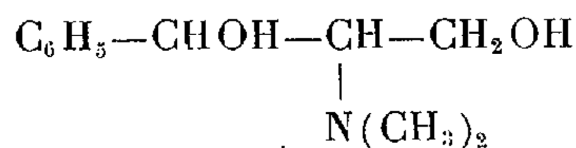


Celui-ci est donc le phényl-1 méthylamino-2 propanediol-1.3, $É_{0,01}$ 134-137°. *Analyse* : N % calculé 7,73; trouvé 7,55.

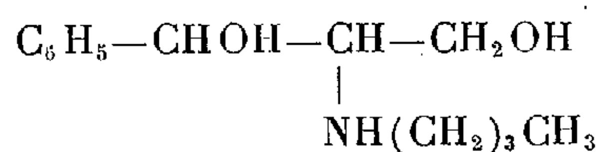
Chlorhydrate : F 130°; calculé %, C 55,2; H 7,36; N 6,44; Cl 16,32; trouvé %, C 55,5; H 7,24; N 6,33; Cl 16,25.

N-benzoylé : F 164°; N % calculé 4,92; trouvé 4,70.

Nous avons aussi préparé

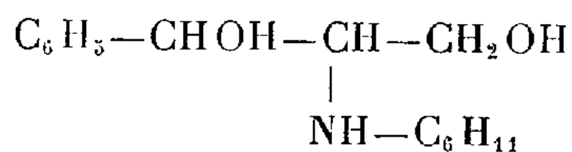


phényl-1 diméthylamino-2 propanediol-1.3, $É_{0,07}$ 110° (tube à boules), F 55-56°. *Analyse* : N % calculé 7,17; trouvé 7,22.



([2]) Cherbuliez, Neumeier et Lozeron, *Helv. Chim. Acta*, 14, 1931, p. 186.

phényl-1 butylamino-2 propanediol-1.3, $É_{0,05}$ 162-3°. *Analyse :* N % calculé 6,28; trouvé 6,03.



phényl-1 cyclohexylamino-2 propanediol-1.3 chlorhydrate : F 159°. *Analyse :* Calculé %, C 63,1, H 8,43, Cl 12,45; trouvé C 62,70, H 8,41, Cl 12,65.

Synthèse d'une chloromycétine N-*méthylée.* — En partant du phényl-1 méthylamino-2 propanediol-1.3 on passe au dérivé triacétylé $É_{0,01}$ 165°. *Analyse :* Calculé %, C 62,47; H 6,74; N 4,56; trouvé %, C 62,60; N 6,84; N 4,51.

Celui-ci, après nitration par l'acide nitrique fumant, à une température comprise entre 30 et 35°, est désacétylé par chauffage par ClH 1,5 N. Le chlorhydrate du *p*-nitrophényl-1 méthylamino-2 propanediol-1.3 ainsi obtenu fond à 145° après recristallisation dans l'alcool éthylique : N % calculé, 10,68; trouvé, 10,63; Cl % calculé, 13,52; trouvé, 13,20.

A partir de la base libre, on prépare le dérivé N-dichloroacétylé fondant à 139° après recristallisation dans l'acétate d'éthyle : Calculé %, C 42,70; H 4,15; N 8,30; trouvé %, C 43,08; N 4,19; N 8,67.

La N-méthylchloromycétine est inactive *in vitro* à la concentration de 400 γ par centimètre cube sur *Salmonella typhi.*

GÉOLOGIE. — *Évolution tectonique de la fosse de Chantonnay et extension de la mer des faluns dans le Nord de la Vendée.* Note de M. **Gilbert Mathieu**, transmise par M. Pierre Pruvost.

1. Des recherches nouvelles et plus détaillées sur le Nord du Bocage vendéen, entre le plateau granulitique des Alouettes, le grand batholite de granite à deux micas de Tiffauges et le sillon houiller de Malabrit, me permettent d'affirmer que le synclinorium de Chantonnay devient complexe bien qu'ayant perdu ses arêtes synclinales siluriennes et qu'il se subdivise en deux compartiments séparés par les gneiss de Montaigu.

En effet, la lentille de Briovérien de forme losangique de la Guyonnière présente une structure synclinale s'appuyant normalement au Nord-Est sur les gneiss subverticaux, inclinés 75° à 80° Sud-Ouest, de la Jonchère, Treize-Septiers, la Boissière de Montaigu. Elle est limitée à l'Ouest par un pli faille très important comportant un remplissage de quartz au château de Bois Corbeau et au château de la Roche en la Guyonnière. Dans la série des gneiss et amphibolites de Montaigu, la direction des bancs, de Nord-

Ouest-Sud-Est, passe à Est-Ouest à Pont-Légé, puis les amphibolites à pendage 20° Sud-Est, traversées de pegmatite et d'aplite, arrivent au contact avec le Briovérien (10° Nord-Est).

Les différentes zones de métamorphisme du cristallophyllien butent par une faille hercynienne, ayant plus de 1000 m de rejet, contre le Briovérien non métamorphique. Cette faille est déjà indiquée sur la première édition de la feuille de Cholet, due à Bochet (1896), mais la révision des contours souligne l'importance de cette cassure qui se poursuit à l'Est par le filon de quartz du petit bourg des Herbiers et sans doute aussi celui de Saint-Amand-sur-Sèvre (1).

Il y a donc un axe synclinal passant par la Guyonnière, Bazoges-en-Pareds et, si le Briovérien de cette lentille disparaît par relèvement de l'axe, on constate de nouveau des pendages opposés dans le Briovérien du petit bourg des Herbiers, au pied du Mont des Alouettes, indication ultime de cette arête synclinale. Inversement, suivant la transversale Les Herbiers-La-Roche-sur-Yon, le synclinal principal commence son ennoyage de Chantonnay. Les granites compris entre la Sèvre Nantaise et le plateau des Alouettes sont bien en position anticlinale dans cette partie de la Vendée contrairement à la granulite des Deux-Sèvres englobant les bandes de grès armoricain (2). L'anticlinal noyé dans le granite à Tiffauges apparaît nettement plus au Sud-Est dans le Briovérien de Saint-Amand-sur-Sèvre (feuille de La Roche).

2. Ce synclinorium de Chantonnay, qui a présenté une subsidence continuelle depuis le Cambrien jusqu'au Permien, s'est affaissé une nouvelle fois pour recevoir les dépôts des mers jurassiques venant de l'Aquitaine. Au tertiaire, un effondrement très récent lui donne la structure d'un fossé déjà signalé par Ch. Barrois (3) et par M. A. Guilcher (4).

Des travaux entrepris récemment par la commune de Treize-Septiers (Vendée) apportent des résultats nouveaux sur l'extension de la mer des faluns dans le Nord de la Vendée. Dans le village même de Treize-Septiers un puits et une fouille font découvrir l'existence d'une argile sableuse blanche fossilifère, avec débris de quelques millimètres de polypiers, bryozoaires, éponges. Deux exemplaires de dents de *Carcharodon megalodon* Agassiz (5) et de nombreuses côtes d'*Halitherium* ont été récoltés par M. le Maire de Treize-Septiers dans une poche de Miocène limitée étroitement par des rochers de gneiss, et cela sous couverture de tourbe.

---

(1) G. MATHIEU, *Bull. Serv. Carte géol. Fr.*, n° **229**, **48**, 1950, p. 96.

(2) G. MATHIEU, *Comptes rendus*, **234**, 1952, p. 2465.

(3) *Ann. Soc. Géol. Nord*, 55, 1930, p. 152-153.

(4) *Comptes rendus*, **217**, 1943, p. 381.

(5) Ces dents de *Carcharodon* sont déposées, l'une au Musée de Montaigu et l'autre chez M. le Maire de Treize-Septiers.

Si le faciès de Treize-Septiers est assez spécial pour l'Helvétien du Bocage Vendéen, c'est sans doute en raison de la position paléogéographique de cette anse de la mer des faluns dans une région où le ruissellement apportait l'argile blanche de couverture des gneiss et granites. Par contre, à Bois-Chalons (cote 57), à 4 km à l'Est de Montaigu, c'est le véritable falun calcaire, identique lithologiquement à celui de Doué-la-Fontaine et de Mirebeau-de-Poitou, qui vient d'être touché sous le limon par le puits d'une ferme.

Les deux nouveaux gisements de Treize-Septiers et de Bois-Chalons changent les contours de la mer des faluns de Touraine (Helvétien) qui s'est avancée beaucoup plus vers Cholet qu'on ne l'admettait jusqu'à présent à la suite de Vasseur [6] et même de Couffon [7]. Ces gisements permettent de tirer les deux déductions suivantes : 1° le falun de Bois-Chalons est effondré dans le compartiment de Briovérien de la Guyonnière, au pied du relief de faille d'une vingtaine de mètres et la faille Est de Montaigu Vendée, satellite de la faille de Chantonnay, a eu un jeu ultime postérieur à l'Helvétien, tout comme la grande cassure du sillon houiller vendéen; 2° il y a une très grande analogie de faciès entre l'argile blanche de Treize-Septiers et l'argile blanche de Vendrennes formant le sous-sol du Parc Soubise (visible dans les fossés sous le limon).

Il est donc très probable que l'Helvétien sous faciès argileux a envahi la fosse de Chantonnay par le Nord, jusque vers Mouchamps.

Entre ces deux failles limites, celle de Chantonnay au Sud-Ouest et celle des Herbiers au Nord-Est, la fosse de Chantonnay, suivant son profil en long, a donné un mouvement de bascule post-hercynien. Inclinée vers l'Aquitaine pendant la Jurassique, elle formait au contraire un glacis vers la Bretagne au Miocène, le Sud du Bocage et la Gâtine se relevant pour dominer le détroit du Poitou. Ajoutons qu'il n'est pas impossible que les sables rouges des Essarts et même ceux qui sont épars sur la Gâtine constituent un faciès latéral continental rouge de l'Helvétien et non du véritable Pliocène. De 200 m d'altitude, au Nord de Parthenay, ils descendent à 103 m aux Sablières des Maisons Rouges des Essarts.

GÉOLOGIE. — *Lithologie des formations marécageuses côtières du littoral provençal.* Note de M. **Jean-Joseph Blanc**, transmise par M. Pierre Pruvost.

Les sédiments observés au fond des marais actuels et sub-actuels du littoral provençal sont de couleur grise, souvent noire. Ils se caractérisent par un complexe sablo-limoneux qui traduit l'influence des différents

(6) *Thèse,* Paris. 1881, *voir* carte 320 000°.

(7) *Précis géologie angevine,* Angers, 1934.

facteurs intervenant dans leur formation. La fraction grossière est un sable marin dunaire, mis en place au bord du marais après un très faible transport éolien. La fraction fine est plus complexe; il s'agit de limons et de vases noirâtres riches en colloïdes et en matières organiques provenant de la destruction des banquettes de feuilles de Posidonies accumulées sur le cordon littoral. Le fond du marais est le siège d'abondantes émanations sulfhydriques. Des marais sub-actuels, tels que ceux de Gouringout, près de Sanary, étaient alimentés par des ruisselets apportant une faune d'eau douce (*Bithinia* roulées dépourvues de leur opercule) et quelques argiles en suspension. D'autre part, les infiltrations marines sont continues à travers les galets du cordon littoral. L'association des *Phragmites* se développe dans ce milieu et l'enrichit en matières organiques. Les paquets de feuilles de Posidonies amenés dans le marais par les coups de vagues et par le vent (les actions éoliennes sont importantes dans la mise en place de la fraction sableuse) s'accumulent et forment des lentilles noirâtres. Il est fréquent de rencontrer, au cours de sondages, des souches et des feuilles de Posidonies non décomposées. En fait, ce milieu ne semble pas évoluer en la manière d'un *sulphuretum* ou d'un *sapropel*. Cependant, j'ai observé, à l'anse du Rouet et à Giens, de petites lentilles charbonneuses correspondant à d'anciens amas végétaux. La plupart du temps, ces marais jalonnent des dépressions d'arrière dunes (Gouringout, Lavandou). Ceci explique la présence de très nombreux débris de Posidonies et de quelques galets dans la vase à *Bithinia*. Parfois, une rupture de l'ancien cordon de galets ramène la grève actuelle à l'emplacement du marais initial. A Gouringout, le cordon recouvre et déborde les vases et se termine en coin à la limite des limons actuels et des limons de remplissage post-flandriens, à plus de 180 m à l'intérieur des terres.

Les marais post-flandriens et sub-actuels sont en tous points comparables aux marais littoraux actuels du Lavandou et de Port-Man (Port-Cros). Ces marais saumâtres sont en relation, d'une part avec la nappe des limons actuels et sub-actuels et, d'autre part, avec la nappe d'infiltration marine. Cependant, ces zones marécageuses, actuelles ou sub-actuelles, s'établissent à partir d'un *substratum* argileux constitué le plus souvent par le niveau de base du surcreusement pré-flandrien dans les séries de la Coudourière (cailloutis de piedmont à matrice argileuse). De plus, le marais littoral est en relation avec les dunes d'arrière-plage, plus ou moins fixées par l'*Ammophiletum* et recouvertes par les banquettes de Posidonies.

Les actions éoliennes jouent un rôle déterminant dans ces colmatages. Ainsi, le marais peut être complètement enseveli (Giens, plage du Ceinturon) ou déplacé au cours des temps historiques (plage des Lecques). Les stades intermédiaires s'observent sous la forme d'intercalations sablonneuses à Helix dunaires et à lentilles noirâtres de débris de Posidonies

(la banquette détruite est rejetée au fond du marais). L'action des ruisseaux ne cesse pas pour autant, mais elle se borne à un apport régulier en limons et en colloïdes (Gouringout, anse du Rouet).

L'accumulation de ces formations marécageuses présente souvent une puissance étonnante au débouché des vallons correspondant à des modelés pré-flandriens. Il paraît difficile d'évoquer exclusivement d'éventuels phénomènes de tassement ou des actions tectoniques récentes. L'on est alors conduit à envisager la régression post-tyrrhénienne à une cote bien inférieure à — 25 — 30 m (sondages de Giens étudiés par C. Gouvernet). Ces formations se poursuivent, en effet, jusqu'à — 40 m et reposent directement sur l'éboulis de piedmont pré-flandrien. Ce dernier, comme l'avait pressenti J. Bourcart, forme l'infrastructure du tombolo oriental de Giens. Ces dernières questions sont actuellement en cours d'étude.

GÉOLOGIE. — *Sur l'interprétation, comme diapirs descendants, de certaines des bandes de terrains secondaires pincées dans les massifs cristallins externes des Alpes.* Note de M. **Claude Bordet**, transmise par M. Pierre Pruvost.

Des bandes étroites de terrains secondaires (Trias et parfois Lias), pincées dans les massifs cristallins externes des Alpes, ont été observées depuis longtemps, par exemple dans les régions du lac de la Girotte et d'Arèches, au Nord du Massif de Belledonne.

On a interprété ces bandes, parfois nombreuses, parallèles et rapprochées, comme les racines synclinales de plis pincés, intéressant à la fois le socle cristallin écaillé et sa couverture sédimentaire; les parties anticlinales de ces plis auraient été détruites par l'érosion, ou sectionnées et entraînées par un glissement tardif de la couverture.

Récemment, M. L. Moret [1] a parlé de synclinaux pincés en profondeur dans la masse des roches cristallines et invisibles en surface. Il a employé le terme de « retard tectonique » pour expliquer cette structure.

Cette interprétation ne paraît pas convenir à tous les cas observables et il y a lieu de distinguer deux structures d'origine différente.

1. *Les synclinaux pincés dans le socle cristallin.* — Ils sont plus ou moins inclinés : leur remplissage est fait de Trias, parfois de Lias. Mais ce qui les caractérise est le fait que leurs flancs sont constitués, de manière plus ou moins visible, par un fragment de la pénéplaine post-hercynienne repliée sur elle-même; celle-ci est encore recouverte par les premières roches sédimentaires qui s'y sont déposées au début du Trias : quelques dizaines de centimètres ou quelques mètres d'arkose ou de quartzite grossier y

---

[1] *Comptes rendus*, 233, 1951, p. 1404.

recouvrent des roches cristallines plus ou moins altérées ou rubéfiées (Bésimaudites).

On constate, en effet, que ces formations ont toujours fait partie, au point de vue tectonique, du socle cristallin, les décollements de couverture s'étant opérés au niveau des gypses, anhydrites et cargneules qui les surmontaient initialement.

Ainsi se présente le synclinal de la Bathie-Basmont, séparant le rameau externe du rameau interne de Belledonne.

2. *Les Diapirs descendants encastrés dans le socle cristallin.* — Ce sont d'étroites bandes de cargneules, ou des masses d'anhydrite et de gypse fortement plissotées ou à structure fluidale, certainement d'origine triasique, ou encore parfois des paquets de Lias, formant des amandes jalonnant des failles ou des zones mylonitiques du socle cristallin. Elles peuvent affleurer en surface ou, au contraire, n'exister qu'en profondeur où les rencontrent les travaux souterrains (2).

Les contacts entre les roches sédimentaires et celles du socle sont francs, souvent laminés, mais l'on n'y observe, ni les niveaux de base du Trias, ni aucune altération, ni rubéfaction, du cristallin qui puisse représenter la trace fossile de la pénéplaine post-hercynienne.

Par contre, ces bandes jalonnent parfois d'épaisses zones de mylonites, correspondant à des compressions et à des écrasements intenses du cristallin, incompatibles avec la mise en place simultanée d'un matériel aussi plastique que l'anhydrite, par exemple. Il nous paraît donc probable que la phase principale d'écrasement du socle avec formation de mylonites est antérieure à la mise en place des paquets de roches secondaires.

La position tectonique de ces formations secondaires est donc anormale; ce ne sont pas des synclinaux. Nous pensons qu'il s'agit plutôt d'un remplissage *per descensum* de failles ou de zones de friction ouvertes dans le cristallin.

Le Trias salifère et, éventuellement, le Lias, ont pu s'y écouler spontanément par gravité pendant une phase de détente tectonique, mais il semble plus probable qu'ils y aient été injectés sous une pression résultant, soit de la charge de la couverture superposée, soit d'une poussée orogénique s'exerçant sur la couverture. Ils s'y sont mis en place par un processus analogue à celui de la presse hydraulique, probablement facilité par le jeu des accidents tectoniques.

Cette hypothèse permet d'expliquer la présence de bandes de Trias profondément encastrées dans le socle cristallin en des régions où la géométrie de la pénéplaine post-hercynienne peut être reconstituée et ne

(2) C. BORDET et J. CROSNIER LECONTE, *C. R. somm. Soc. Géol. France*, n° 9, 1952, p. 159.

présente ni écaillage, ni chevauchement, mais seulement des fractures et des gauchissements à grand rayon de courbure.

La bande d'anhydrite rencontrée dans la galerie d'Isère-Arc, attaque de Randens, les bandes discontinues de Trias passant à l'Ouest du Grand Mont en sont des exemples typiques.

3. Ces deux types de structures ne s'excluent du reste pas l'un l'autre et il semble que parfois un diapir descendant puisse prolonger vers le bas un véritable synclinal localisé dans une zone de dislocation du cristallin.

GÉOPHYSIQUE. — *Phénomènes dynamiques dans les couches ionosphériques.* Note (*) de M. **Klaus Bibl**, présentée par M. Jean Cabannes.

Un nouveau sondeur permet l'observation des variations ionosphériques transitoires. On a constaté que ces perturbations rapides se propagent presque toujours de haut en bas.

Depuis février, nous effectuons, à Fribourg, des enregistrements ionosphériques continus à l'aide d'un nouveau sondeur ionosphérique à grande vitesse de balayage ([1]). Nos observations couvrent à peu près deux jours par quinzaine. L'ionogramme complet montrant les hauteurs virtuelles en fonction de la fréquence (l'amplitude des échos étant indiquée par la luminosité) apparaît visiblement sur l'écran d'un tube à r. c. à longue rémanence. La durée d'une pose étant 12 s, on obtient des films cinématographiques (8 mm) avec un ralenti de 1 : 300. La projection en cinéma de ces films nous permet de voir directement toutes les variations ionosphériques. A part des variations lentes déjà connues, les films nous ont montré beaucoup de phénomènes nouveaux :

1. Il existe souvent, pendant la journée, des *mouvements transitoires* de l'ionisation débutant toujours très haut et se propageant rapidement vers le bas. Ces « extraionisations » se manifestent toujours par une irrégularité de l'intensité de l'écho qui se décale rapidement vers les fréquences plus basses. On voit souvent aussi un faible abaissement de la hauteur virtuelle de la trace des échos dans une petite gamme de fréquence (se décalant dans le même sens). Il y a une déformation de la trace ayant à peu près la forme de la lettre N. Ce phénomène presque absent pendant la nuit est observé très souvent pendant la journée. Sa « durée de vie » est de quelques minutes seulement.

2. Parfois les variations de la trace des échos deviennent si importantes que l'on obtient une forme en « *lacet* ». Dans ces cas, la déformation

(*) Séance du 29 septembre 1952.

([1]) K. Bibl, *Ann. Géophys.*, 7, 1951, p. 265-267.

ressemble à la lettre Z, c'est-à-dire que l'on obtient trois points de réflexion pour une seule fréquence.

3. Des *couches intermédiaires* entre E et F qui ont fait l'objet de publications antérieures ([2]) ont pu être observées naissant pendant la journée dans des stratifications de la couche F. Elles aussi ont tendance à descendre, mais plus lentement que les phénomènes mentionnés sous 1 et 2. La durée du développement complet dépasse souvent 1 h.

4. Ce développement aboutit, en général, à la formation d'une *couche* E2s *ou* Es ([3]). La couche sporadique ainsi formée peut exister pendant plusieurs heures : son existence peut se prolonger après le coucher du Soleil.

5. Par contre, la plupart des *couches* Es semblent avoir leur origine dans l'altitude de 100 à 120 km. D'importantes *variations* de la « fréquence limite » et de la « blanketing frequency » peuvent avoir lieu au cours de quelques minutes.

6. Le développement d'un *dédoublement* de la *trace* F2 a pu être étudié en détail. Ce phénomène est observé aussi dans les enregistrements habituels.

L'interprétation physique de nos observations est rendue difficile par le fait que la distinction des mouvements horizontaux et verticaux est ambiguë dans le cas d'un seul endroit de sondage. Néanmoins, nous ne croyons pas que des mouvements horizontaux puissent expliquer la plupart de nos observations, sauf celles indiquées sous 5 et 6. Le sens unique du développement des phénomènes 1 et 2 (dans le sens d'une diminution de la fréquence d'observation et, *a fortiori*, de la hauteur *vraie*) ne se prêterait à une explication à partir d'un mouvement horizontal que sous des hypothèses extrêmes. Nous croyons donc qu'il s'agit réellement de perturbations venant d'une altitude très grande et qui se propagent rapidement vers le bas. La vitesse semble diminuer vers le bas. La plupart de ces perturbations transitoires semblent s'amortir dans le minimum d'ionisation existant au-dessus de la région E; elles y disparaissent ou peuvent donner lieu à la formation d'une couche E2s ou Es (*voir* 4). En tout cas, la fréquence critique de la couche E correctement définie ([4]) n'est pas influencée sensiblement. Nous ne pouvons pas encore préciser si les petites stratifications observées dans la trace de la couche E ont une relation quelconque avec les phénomènes indiqués.

Nous supposons d'ailleurs que les irrégularités de l'intensité des échos

---

([2]) K. Bibl, *La stratification* F_0 *et les couches intermédiaires entre les régions* E *et* F *de l'ionosphère*, rapport R 9, 1950 du *Service de Prévision Ionosphérique Militaire. Voir* aussi *SPIM-R* 13 (1950).

([3]) E. V. Appleton, R. Naismith et L. J. Ingram, *Proc. Phys. Soc.*, 51, 1939, p. 81-92; R. W. E. Mc Nicol et G. de V. Gipps, *J. Geophys. Res.*, 56, 1951, p. 17-31; *Radio Res. Board* (Austr.), report R 3, 1944.

([4]) K. Bibl, *Ann. Géophys.*, 7, 1951, p. 208-214.

mentionnées sous 1 sont, elles aussi, le résultat d'une variation d'ionisation qui est plus faible et localisée, donnant lieu ainsi à une déformation des surfaces d'égale ionisation qui se traduit par une variation du coefficient de réflexion.

Les mouvements verticaux nous indiquent l'existence de processus transitoires dans les couches supérieures de l'ionosphère qui attendent encore une explication théorique. Les variations observées de la densité électronique sont relativement faibles à l'altitude de la couche F, mais le gradient peut, néanmoins, être fort (l'extension de la perturbation en altitude étant petite par rapport à l'échelle des hauteurs). Les effets 1 et 2 au moins pourraient être dus à des influences météorologiques. Nous avons aussi considéré la possibilité d'une advection d'ionisation venant du sommet de l'atmosphère. La suite répétée des perturbations que nous observons souvent apporterait ainsi une contribution non négligeable à l'ionisation même de la couche F2.

Certains clichés bizarres obtenus par les sondages lents normaux s'expliquent maintenant comme pose instantanée d'un mouvement transitoire. Une interprétation en termes statiques n'est plus justifiée.

GÉOPHYSIQUE. — *Une influence lunaire sur l'altitude du centre de la couche ionosphérique* F 2. Note (*) de M. **Rudolf Eyfrig**, présentée par M. Jean Cabannes.

L'altitude du centre de la couche F 2 subit une influence lunaire de quelques pour-cent à Huancayo (Pérou) pendant l'été local. Aux latitudes moyennes, une telle influence, si elle existe, est beaucoup moins grande.

L'existence d'une influence lunaire sur une caractéristique ionosphérique a été démontrée la première fois par Appleton et Weekes ([1]) pour la hauteur virtuelle de la couche E. Puis Martyn ([2]), a détecté un effet dans les mesures de la fréquence critique de la couche F 2 effectuées à Huancayo, station située sur l'équateur magnétique. Ces indications ont été précisées par Mc Nish et Gauthier ([3]) et par Bartels ([4]). Burkard ([5]) semble avoir été le premier à révéler une influence (plus faible) dans les mesures d'une station de moyenne latitude, à savoir Washington. Enfin, Mc Nish et Gauthier ([6]) ont pu constater qu'à Huancayo une certaine stratification de la couche F 2 n'a lieu que lors de certaines phases lunaires.

(*) Séance du 29 septembre 1952.

([1]) *Nature*, **142**, 1938; *Proc. Roy. Soc.*, A **171**, 1939, p. 171-187.

([2]) *Proc. Roy. Soc.*, A **190**, 1947, p. 273-288.

([3]) *J. Geophys. Res.*, **54**, 1949, p. 181-185 et 303-304.

([4]) *J. Atm. Terr. Phys.*, **1**, 1951, p. 2-12.

([5]) *Terr. Magn. and Atmosph. Electricity*, **53**, 1948, p. 273-277.

([6]) A. G. Mc Nish, *Proc. Conf. Ionosph. Phys.*, Pennsylvannis State College, II (1930).

A la suite de nos études sur la hauteur du centre de la couche F2 et ses variations au cours du cycle solaire (7), nous avons analysé les valeurs du facteur appelé (M 3000) F2 qui caractérise à peu près la hauteur du maximum d'ionisation de cette couche (valeurs de midi, soit moyenne des mesures de 11, 12, 13 h locales). L'examen critique des mesures de Fribourg (latitude géographique 48,1° N, inclinaison magnétique 63,5° N) d'une part, de Huancayo en Pérou (12° S; 0,5° S) d'autre part, nous a conduit à des résultats nettement différents.

A Huancayo, station située au Sud de l'Équateur, nous trouvons une nette influence lunaire (± 3 %) pour les mois de novembre à février, tandis que l'effet devient très faible en hiver local. On obtient ainsi une période de 12 h dont les maxima se situent à midi et minuit lunaire [à un maximum du facteur (M 3000) correspond un minimum de la hauteur du centre de la couche]. Ce résultat est déjà obtenu à l'aide des mesures de 6 mois d'été local, après élimination des jours perturbés magnétiquement. La distinction des saisons introduite par Bartels (4) s'est donc révélée intéressante.

Par contre, dans les mesures de Fribourg nous n'avons pas pu détecter un effet mesurable, malgré le fait que les mesures de 4 ans aient été examinées. Différents groupements suivant la saison ont été essayés; nous avons l'impression qu'il y a peut-être un très faible effet en été (mai à août), mais le nombre et l'exactitude des mesures ne sont pas suffisants étant donné que les lectures sont généralement effectuées à 3% près seulement. Nous espérons arriver à un résultat plus net à l'aide des mesures plus exactes qui sont maintenant effectuées à la station ionosphérique du Spim, à Fribourg.

PHYSIQUE ATMOSPHÉRIQUE. — *Variation diurne de l'épaisseur réduite et de la température moyenne de l'ozone atmosphérique aux basses latitudes.* Note de M. **Abdul Khaleq** et Mme **Arlette Vassy**, présentée par M. Pierre Lejay.

En 1948, Karandikar (1) présentait des mesures de la variation journalière de l'épaisseur réduite de l'ozone atmosphérique qui mettaient en évidence une nette dépression vers midi. A la suite de ce travail, l'un de

(7) R. Eyfrig, *Revue Scientifique*, 86, 1948, p. 673-674; *Z. angew. Physik*, 3, 1951, p. 96-103.

(1) *Proc. Ind. Sc.*, 28, 1948, p. 63.

nous, en collaboration avec E. Vassy ([2]), avait attiré l'attention sur le fait que les épaisseurs réduites mesurées par la méthode qu'à utilisée Karandikar étaient entachées d'une erreur due à l'influence de la température sur le coefficient d'absorption relatif à une des longueurs d'onde choisies; ceci entraînait vraisemblablement une superposition de deux effets : diminution effective de l'épaisseur réduite et diminution apparente due à l'élévation de température.

Nous avons effectué à Kaboul (Afghanistan), latitude 34°, altitude 1800 m, une série de mesures sur l'ozone atmosphérique échelonnées sur une année complète, de décembre 1950 à décembre 1951, avec un spectrographe à optique de quartz. Les conditions atmosphériques particulièrement favorables, nébulosité rare, faible humidité, absence de brume, ont permis d'excellentes mesures en enregistrant le spectre de la lumière solaire diffusée au zénith, dans les limites d'application de cette méthode.

Parmi les journées d'observation, une vingtaine environ ont été spécialement choisies pour étudier la variation diurne de l'épaisseur réduite et de la température; les observations étaient faites toutes les 10 m pendant les 3 h avant et après le passage du Soleil au méridien. La variation de l'épaisseur réduite en fonction de la masse d'air fait apparaître, pour chacune de ces journées, une sensible diminution autour de midi local, souvent un peu en retard sur cette heure. Nos observations nous ont permis de dégager une variation saisonnière : la dépression méridienne, faible en hiver, environ 5 % de l'épaisseur réduite, dépasse 20 % au printemps et en été; pendant l'été, elle s'étale sur une plus longue durée.

On a observé un autre phénomène déjà signalé par Karandikar ([2]) : les épaisseurs peuvent être légèrement plus grandes l'après-midi que le matin pour une même distance zénithale, mais ce fait n'est pas général. D'ailleurs, de nombreuses journées montrent de faibles variations irrégulières de l'épaisseur réduite.

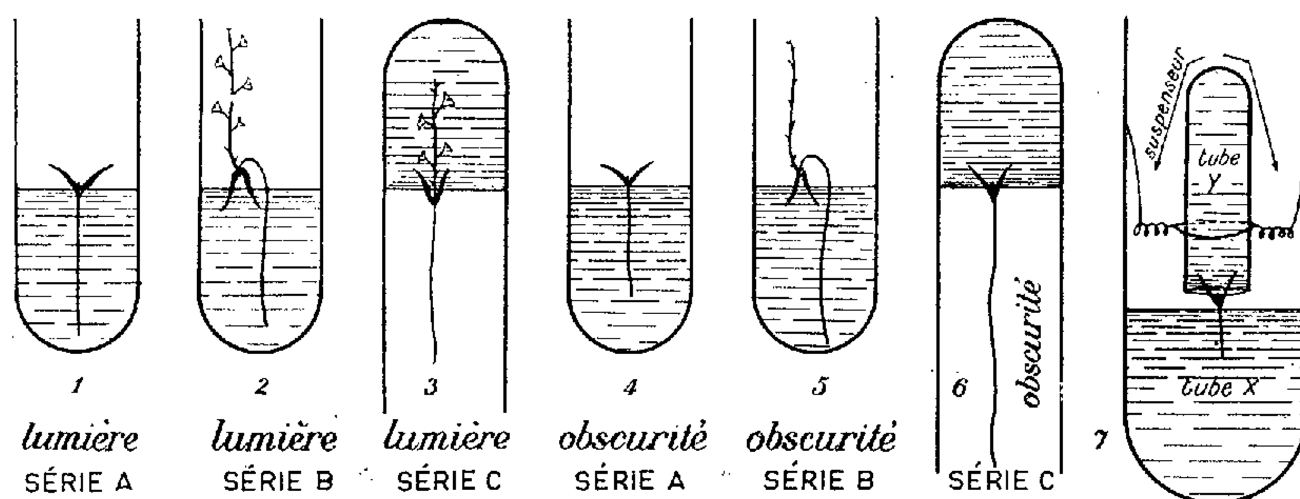
L'étude de la température moyenne, effectuée tous les jours où la stabilité de l'atmosphère permet d'obtenir cette donnée avec précision, a montré, dans tous les cas, un réchauffement au milieu de la journée, ce qui confirme l'hypothèse faite précédemment ([2]). L'élévation de température observée est assez variable et ne paraît pas en relation avec la saison. Les résultats détaillés de cette étude seront publiés dans un autre recueil; ils permettent d'obtenir des renseignements intéressants dans des régions où les situations météorologiques sont mal connues.

([2]) *Comptes rendus*, **228**, 1949, p. 764

PHYSIOLOGIE VÉGÉTALE. — *Culture aseptique d'embryons de* Ginkgo biloba : *Rôle des cotylédons dans l'absorption du sucre et la croissance de la tige.* Note de Mlle **Camille Bulard**, présentée par M. Raoul Combes.

« Lorsqu'on réalise des cultures aseptiques d'embryons de *Ginkgo biloba*, on observe une inhibition de croissance de la tige quand seule la racine est en contact avec le milieu synthétique employé. Par contre, si les cotylédons touchent seuls le substratum, la tige se développe. La présence de sucre dans le milieu est indispensable à la croissance des embryons. Pour que la tige puisse croître, il faut que le sucre soit absorbé par les cotylédons. »

Des embryons de graines mûres sont prélevés aseptiquement et cultivés, dans un milieu de Knop dilué de moitié, avec 10 gouttes de solution de Berthelot modifiée par Gautheret, 30 g de glucose et 8 g de gélose par litre de solution. On dispose la moitié des cultures à la lumière dans une étuve à 24° C et à l'humidité ambiante, l'autre moitié à l'obscurité dans une chambre conditionnée à la même température et à 90 % d'humidité. Les embryons sont placés plongeant dans le milieu tantôt par leurs racines (série A), tantôt par leurs cotylédons; dans ce dernier cas, une partie des tubes est maintenue droite (série B), tandis que l'autre est renversée (série C) (*voir* figures).



Représentation schématique des expériences réalisées.

Voici quels sont les résultats obtenus :

1. *A la lumière* : *Série* A. — La croissance de la racine est lente mais continue, tandis que celle de la tige est inhibée. Cependant, si un cotylédon en se recourbant vient à toucher le milieu par son extrémité, la croissance de la tige se produit.

Série B. — La racine croît un peu plus rapidement que dans la série A. Son géotropisme la fait courber et s'enfoncer dans le milieu. Six à huit jours après le début de la croissance de la racine, la tige se développe à son tour munie de nombreuses feuilles bien constituées.

Série C. — Les résultats sont identiques à ceux de la série B. Ces résultats montrent clairement la nécessité du contact des cotylédons avec le milieu nutritif pour obtenir la croissance de la tige.

Ayant établi, en outre, que la présence de sucre dans le milieu est indispensable pour la croissance de l'embryon, nous avons voulu voir si la levée d'inhibition de la tige n'était pas en rapport avec l'absorption de sucre par les cotylédons. A cet effet, l'expérience ci-après fut réalisée : Dans des tubes de gros calibre (30 mm, tube X), on introduit 30 cm^3 de milieu nutritif complet. Des tubes de petit calibre (12 mm, tube Y) sont remplis du même milieu nutritif, mais dépourvu de sucre. Chaque tube Y est introduit l'ouverture vers le bas dans un tube X et y est maintenu au moyen d'un suspenseur (*fig.* 7). On place aseptiquement un embryon de telle sorte que ses cotylédons soient en contact avec le milieu du tube Y et sa racine avec celui du tube X. Dans ces conditions, on obtient la réaction des embryons de la série A, c'est-à-dire qu'il n'y a aucune poussée de tige. Par contre, si le tube Y contient le milieu complet, c'est-à-dire comportant du glucose, on retrouve la réaction observée avec les embryons des séries B et C : il y a croissance de la tige. Ces séries d'expériences démontrent que le passage du sucre dans l'embryon par ses cotylédons est indispensable pour obtenir la croissance de la tige.

Croissance des racines (R) *et des tiges* (T)
en millimètres pour 15 *embryons par série; cultivés pendant* 23 *jours.*

	Lumière.						Obscurité.					
	A.		B.		C.		A.		B.		C.	
Jours.	R.	T.	R.	T.	R.	T.	R.	T.	R.	T.	R.	T.
1....	3	1	3	1	3	1	3	1	3	1	3	1
8....	9	2	12	3	14	3	10	2	10	3	22	2
13....	15	2	23	7	22	9	14	2	18	10	44	2
23....	35	2	44	32	38	29	28	2	45	30	80	2

2. *A l'obscurité* : *Série* A. — Les résultats sont tout à fait comparables à ceux de la série A à la lumière.

Série B. — Comme dans le cas précédent, les embryons de la série B réagissent de la même manière à la lumière, et à l'obscurité. La tige porte le même nombre de feuilles qu'à la lumière, mais sans limbe développé.

Série C. — Dans ce seul cas, la réaction de l'embryon n'est pas la même qu'à la lumière. On observe une croissance très rapide de la racine; par contre, celle de la tige est inhibée.

Par conséquent, tandis qu'à la lumière le contact des cotylédons avec le milieu suffit seul à déclencher la croissance de la tige, à l'obscurité

il faut à la fois que cotylédons et racine touchent le milieu. On peut chercher l'explication de ce phénomène dans le fait que l'obscurité et l'état hygrométrique élevé de la chambre conditionnée peuvent provoquer une diminution de la quantité de sucre absorbée par l'embryon. D'autre part, il n'y a pas synthèse de sucre par assimilation chlorophyllienne. Ainsi le seul contact des cotylédons avec le milieu fournirait à la tige un taux de glucose insuffisant à sa croissance. Un apport supplémentaire de sucre provenant de l'absorption par la racine suppléerait à cette carence.

En résumé, il faut que le milieu synthétique contienne du sucre pour que les embryons de *Ginkgo biloba* cultivés aseptiquement puissent croître. Si le sucre est seulement au contact des racines, la croissance de la tige ne se produit pas. Pour une croissance normale des embryons, le sucre doit se trouver au contact des cotylédons. Dans les conditions normales de germination des semences, le long emprisonnement des cotylédons de *Ginkgo* dans l'albumen assure ce contact nécessaire des tissus des cotylédons avec le sucre.

GÉNÉTIQUE. — *Nouvelles données sur la constitution enzymatique du mutant « petite colonie » de* Saccharomyces cerevisiæ. Note de MM. **Piotr P. Slonimski** et **Herbert M. Hirsch**, transmise par M. Jacques Duclaux.

Les teneurs en onze enzymes respiratoires ont été comparées chez la levure normale et chez un mutant à déficience respiratoire. Ce dernier est dépourvu d'enzymes liés aux particules sédimentables par centrifugation, alors que sa teneur en lyoenzymes est relativement peu modifiée.

Le mutant « petite colonie » (1) est caractérisé par l'absence totale de la respiration sensible au KCN et par une fermentation aérobie aussi forte que la fermentation anaérobie (2). Il est dépourvu des cytochromes *a* et *b*; les activités de la cytochrome-oxydase et de la déshydrogénase succinique sont nulles (3). Nous apportons maintenant les résultats relatifs à huit autres enzymes d'oxydo-réduction étudiés chez les levures, normale et mutante, cultivées en aérobiose. Le tableau ci-après montre que, parmi les onze enzymes étudiés, dix sont affectés par la mutation. Seule la teneur en lactico-déshydrogénase est sensiblement la même dans les deux races de levures (4). Tous les catalyseurs

(1) B. Ephrussi, *Harvey Lectures*, 1950-1951, série 46, p. 45.

(2) P. Slonimski, *Ann. Inst. Pasteur*, 76, 1949, p. 510.

(3) P. Slonimski et B. Ephrussi, *Ann. Inst. Pasteur*, 77, 1949, p. 47.

(4) La réduction plus rapide du bleu de méthylène en présence de lactate par les broyats du mutant, observée précédemment (3), est due à la présence d'un inhibiteur dans les broyats des souches normales. Cet inhibiteur est absent des broyats des mutants et son action est levée par le KCN.

d'oxydoréductions peuvent être classés en deux groupes : ceux qui font défaut chez le mutant (enzymes 1 à 4) et ceux dont la formation n'est pas, ou n'est que relativement peu affectée par la mutation (5 à 11). On ne constate aucune corrélation entre la position qu'un enzyme donné occupe dans la chaîne des oxydoréductions menant vers l'O_2 et l'amplitude de sa variation sous l'influence de la mutation : les enzymes 1 et 3 sont absents, alors que le cytochrome *c* qui leur sert d'intermédiaire est présent; les déshydrogénases, succinique et de l'α-glycérophosphate, sont absentes, alors que celle de l'acide lactique est présente. Les variations de la synthèse de ces mêmes enzymes à la suite de la prolifération en anaérobiose ([5]) suivent au contraire un gradient parallèle à la chaîne du transfert.

	Souche normale (59 R).			Souche mutante (59 RA).		
		% de l'activité totale.			% de l'activité totale.	
Enzyme.	Teneur par mg N du broyat.	Culot.	Liquide surnageant.	Teneur par mg N du broyat.	Culot.	Liquide surnageant.
1. Cytochrome oxydase....	1340	107	1	0	–	–
2. Déshydr. succinique....	60	85	1	<1	–	–
3. DPN-cyt. *c* réductase...	401	86	10	<1	–	–
4. α-glyc.-ph. déshydr.....	73	99	7	1,4	–	–
5. Lactico déshydrogénase.	195	14	81	217	7	97
6. Déshydrogénase malique.	713	20	80	278	15	76
7. Alcool déshydrogénase..	215	19	76	540	22	92
8. Cyt. *c*(g. at. Fe. 10^{-9})...	6,7	<15	90	9,1	<15	90
9. Aconitase............	602	6 (*)	55 (*)	112	19 (*)	44 (*)
10. Fumarase............	5012	10	93	1816	10	89
11. Déshydr. isocitrique....	126	7	92	57	3	81

Les activités sont exprimées en mm³ d'H_2 (ou de substrat) par heure; T = 28°. Le fractionnement en tampon phosphate 0,1 M, pH 7,2) est effectué par centrifugation d'une heure à 30 000 G suivie d'un lavage du culot.

(*) Inactivation au cours du fractionnement.

Le seul trait commun des catalyseurs dont la synthèse est supprimée par la mutation est leur localisation sur des particules sédimentables. Cette constatation est d'autant plus significative que les variations des teneurs en lyoenzymes respiratoires sont d'un ordre de grandeur entièrement différent. Ceci renforce singulièrement l'interprétation corpusculaire et cytoplasmique de la mutation et indique que l'effet primaire de la mutation porte sur les quatre desmoenzymes. On est ainsi amené à poser le problème de l'identité du facteur héréditaire, soit avec les granules sédimentables portant les enzymes 1 à 4, soit avec les quatre apoenzymes ou leur précurseur commun. Les enzymes euxmêmes sont certainement distincts du facteur héréditaire car les souches nor-

([5]) P. Slonimski et H. Hirsch, *Comptes rendus*, 1952, (à paraître).

males qui ont proliféré en anaérobiose sont dépourvues des quatre desmo-enzymes, mais possèdent toujours le facteur génétique ([3]), ([5]). La fraction sédimentable de la levure mutante contient approximativement autant de protéines que celle des souches normales (25 à 35 % du broyat). Le facteur génétique ne pourrait donc être identique qu'à une fraction des particules sédimentables par centrifugation.

Il est clair que les modifications des teneurs en lyoenzymes respiratoires (à l'exception des enzymes 5 et 8) sont la conséquence de la rupture de la chaîne du transfert des électrons vers l'O_2 dans sa partie terminale. Les concentrations de ces enzymes tendent, chez le mutant cultivé en aérobiose, vers les valeurs caractéristiques de la levure normale ayant proliféré en absence d'O_2 : l'aconitase, la fumarase, les déshydrogénases malique et isocitrique diminuent respectivement six, trois, trois et deux fois, alors que l'alcool déshydrogénase augmente deux fois. La diminution de ces mêmes enzymes à la suite de la croissance anaérobie est de dix-neuf, sept, six et trois fois, la teneur en alcool déshydrogénase augmentant simultanément ([5]).

ENDOCRINOLOGIE. — *Action corticotrope des lobes antérieur et postérieur de l'hypophyse du Bœuf.* Note de Mme **Cécile Mialhe-Voloss**, présentée par M. Robert Courrier.

Johnsson et Högberg 1952 ([1]) montrent que A. C. T. H. (hormone hypophysaire adrénocorticotrope) et hormone mélanophorique sont deux substances sinon identiques, du moins très voisines. Sulman 1952 ([2]) pense que l'intermédine n'est qu'une partie de la molécule d'A. C. T. H.; l'hormone corticotrope comprendrait trois facteurs : « un facteur dépresseur de l'acide ascorbique; un facteur responsable du poids normal de la surrénale; un facteur chromatophoratrope. »

En 1935, A. Moszkowska ([3]) signale l'action corticotrope de la post-hypophyse du Bœuf chez le Cobaye.

Dans une Note récente ([4]) nous avons comparé l'action mélanophoro-dilatatrice des lobes antérieur et postérieur hypophysaires du Bœuf, et trouvé que l'intermédine était plus abondante dans le lobe postérieur. Poursuivant notre travail sur les rapports A. C. T. H. et intermédine, nous donnons dans cette Communication préliminaire, les résultats de notre étude sur l'action corticotrope des lobes antérieur et postérieur de l'hypophyse du Bœuf.

([1]) *Nature*, **169**, n° 4294, p. 286.
([2]) *Acta endocrinologica*, **10**, fasc. IV, p. 320.
([3]) *C. R. Soc. Biol.*, **119**, 1935, p. 1239.
([4]) *Comptes rendus*, **235**, 1952, p. 211.

Préparation de l'extrait. — Les deux lobes hypophysaires sont séparés immédiatement après l'abattage. On prépare un extrait acétonique de chacun des lobes. La poudre obtenue est reprise par du sérum physiologique à raison de 50 mg/cm³. Cette solution (pH 7) est portée à l'ébullition au bain-marie pendant 30 m. Nous avons utilisé cette technique, car l'extrait brut de lobe postérieur s'est révélé toxique, les rats hypophysectomisés et injectés mourant dans les 48 h. On sait par ailleurs que ni l'A. C. T. H., ni l'intermédine ne sont détruits par la chaleur.

47 hypophyses de bœuf nous ont donné 30,50 g de poudre sèche de lobe antérieur et 5,10 g de poudre sèche de lobe postérieur. En conséquence, nous avons employé pour la préparation de nos extraits environ six fois plus de lobes postérieurs que de lobes antérieurs.

Chacun des animaux traités a reçu 25 injections de 50 mg, soit une dose totale de 1,250 g d'extrait sec.

Lot.	Rat n°	Poids à l'autopsie (g).	Traitement.	Poids des surrénales (mg).
I.	109	86,7	–	9 + 8,6 = 17,6
	110	94,5	–	11,3 + 9,9 = 21,2
	111	82	–	8,2 + 9,1 = 17,3
	112	73,3	–	7,3 + 8,9 = 16,2
	113	88,4	–	8,5 + 10,1 = 18,6
II.	100	86,7	Hyp.	4,3 + 4,4 = 8,7
	101	89,2	»	2,6 + 3,4 = 6
	118	54,5	»	2 + 2,3 = 4,3 (*)
	103	75,5	»	2,8 + 2,9 = 5,7 (*)
	120	67	»	2,5 + 3,3 = 5,8 (*)
	119	58,2	»	3,1 + 3,9 = 7 (*)
III.	106	94	Hyp. + L. A.	5 + 5 = 10
	107	102,9	»	4,4 + 3,9 = 8,3
	104	71,7	»	4,5 + 4,8 = 9,3
	122	66,8	»	4 + 4,7 = 8,7
IV.	116	68,1	Hyp. + L. P.	5,2 + 6,3 = 11,5
	117	77,7	»	5,1 + 5,5 = 10,6
	121	76,3	»	5,6 + 4,7 = 10,3
	123	71,3	»	6,9 + 6,6 = 13,5
	124	81,6	»	5,5 + 5,7 = 11,2
	125	75	»	4,6 + 6 = 10,6

(*) Les n°ˢ 118, 103, 120, 119 du lot II, en mauvais état, ont été sacrifiés respectivement les 13ᵉ, 11ᵉ, 11ᵉ et 9ᵉ jours après l'intervention. Au 15ᵉ jour, les surrénales auraient été encore plus réduites, puisque la régression se fait surtout dans les 15 premiers jours.

Technique. — Nous avons utilisé pour nos dosages le « test du maintien du poids de la surrénale (5) ». Des rats de 40 jours sont répartis en quatre lots :

(5) In PINCUS, *The hormones*, 1, p. 666.

Lot I : Rats normaux.

Lot II : Rats hypophysectomisés.

Lot III : Rats hypophysectomisés recevant en injection sous-cutanée, immédiatement après hypophysectomie, deux fois par jour et pendant 15 jours, l'extrait de lobe antérieur.

Lot IV : Rats hypophysectomisés recevant en injection sous-cutanée, immédiatement après hypophysectomie, deux fois par jour et pendant 15 jours, l'extrait de lobe postérieur.

Tous les animaux sont sacrifiés au 15e jour qui suit l'intervention.

Les résultats sont résumés dans le tableau ci-dessus.

Conclusion. — Le tableau des résultats montre qu'avec une dose totale de 1,250 g d'extrait sec de lobe antérieur on obtient une légère activité corticotrope, alors qu'avec la même quantité d'extrait de lobe postérieur, l'action corticotrope est nettement plus importante. Si nous rappelons les résultats d'une Note antérieure, nous conclurons que les deux lobes hypophysaires antérieur et postérieur du Bœuf, contiennent chacun de l'intermédine et de l'A. C. T. H., mais que le lobe postérieur (lobe nerveux + lobe intermédiaire), est nettement plus riche en chacune de ces deux hormones que le lobe antérieur.

GÉNÉTIQUE ÉVOLUTIVE. — *Un cas de haute mutabilité chez* Drosophila melanogaster. Note de Mme **Claudine Petit**, présentée par M. Maurice Caullery.

Quelques souches à haute mutabilité chez *Drosophila melanogaster* ont été signalées par Goldschmidt (1929), Valadarès (1938), Tiniakov (1939), Ives (1943). Mais le phénomène est, jusqu'ici, trop rarement apparu pour avoir pu faire l'objet d'études complètes et les cas observés restent des documents isolés. Lors d'un travail sur les populations de Drosophiles, j'ai trouvé une souche de ce type.

Dans une population mixte, hautement consanguine, de *Drosophila melanogaster* renfermant le chromosome *Bar forked* (*Bf*) et l'*allélomorphe normal* de Bar ($B^{+}f$) et entretenue dans les cages à populations mises au point par Teissier et L'Héritier ([1]), est apparu un mâle à corps noir, œil rouge vif et ocelles blanches, et ailes retournées. Cet individu, unique dans une population de 1179 Drosophiles, est isolé lors de sa découverte. Un mois plus tard, un nouveau dénombrement de la population révèle trois individus identiques sur une population de 1146 mouches.

Une localisation chromosomique à l'aide de chromosomes marqués a permis d'établir :

([1]) *Comptes rendus*, **197**, 1933, p. 1765.

qu'il s'agit de trois gènes récessifs du second chromosome déterminant, l'un la couleur foncée du corps : *black* (*b*; locus 48,5), le second les ailes retournées : *jaunty* (*j*; locus 48,7), le troisième l'œil rouge vif et les ocelles blanches : *cinnabar* (*cn*; locus 57,8);

que ces trois gènes sont disposés dans l'ordre normal. Les taux de disjonction, calculés par croisements en retour avec le triple récessif sur 9018 individus sont très proches de ceux indiqués par les cartes : 9,0 unités de « crossing-over » entre *b* et *cn* (comme sur la carte); 0,4 entre *b* et *j* (au lieu de 0,2); 8,6 entre *j* et *cn* (au lieu de 8,8);

que leur position dans le chromosome est normale, le gène mutant *Jammed* (*J*; locus 43) qui modifie la forme des ailes ayant été pris comme référence.

Néanmoins, ces méthodes génétiques ne permettent pas d'exclure la possibilité de très petits remaniements chromosomiques et une étude cytologique de la région s'impose, de même que l'examen génétique de tous les chromosomes.

Qu'il s'agisse là d'une triple mutation spontanée semble invraisemblable, si l'on tient compte de la fréquence des mutations spontanées (0,2 à 0,3 % pour une souche normale). Pourtant, l'hypothèse d'une contamination extérieure est à écarter. En effet, non seulement *jaunty* n'est pas conservé dans les laboratoires français (preuve insuffisante en elle-même, car elle n'exclut pas son existence dans les populations naturelles), mais encore toutes les *Drosophiles* de la cage étaient marquées par le gène *forked*, ce qui eût permis de déceler toute introduction de mouches étrangères. De plus, lorsque les premiers mutants sont apparus, aucune mouche présentant les caractères disjoints n'existait dans la population. Enfin, la présence de *b*, *j*, *cn* chez l'un des individus qui sont à l'origine de cette population n'est pas à envisager, la consanguinité ayant été assurée à plusieurs reprises par des croisements individuels.

La souche a montré, par ailleurs, des anomalies physiologiques : augmentation du taux de masculinité, diminution très considérable de la fertilité des femelles durant deux périodes de trois et six mois.

La souche *b*, *j*, *cn*, *f*, conservée en petites populations, a donné naissance à de multiples mutations et malformations dont l'analyse doit être poursuivie.

Ces divers phénomènes permettaient de penser que l'on était en présence d'une souche à haute mutabilité. Un premier examen par la méthode *ClB*, en vue de déterminer la fréquence des léthaux liés au sexe, a donné 11 léthaux et 7 semi-léthaux pour 795 individus, soit une fréquence de mutation de 2,2 %, bien supérieure à la normale. Un deuxième test portant sur 538 individus, par la méthode *Muller* 5, a donné une léthalité nulle. L'expérience avait été faite à partir de lignées individuelles apparemment anormales (soies tronquées, ou taux de masculinité augmenté), dans lesquelles j'espérais trouver une léthalité supérieure à la précédente. L'expérience, recommencée à partir de femelles prises au hasard dans la

population, n'a mis en évidence que deux léthaux pour 782 individus fertiles. La mutabilité a donc disparu entre les premiers examens. Il ne s'agit pas là d'un phénomène exceptionnel; la plupart des auteurs qui ont travaillé cette question ont été victimes du même phénomène, assez logique d'ailleurs, l'élément mutateur ayant des chances accrues d'être lui-même muté. Il était donc impossible de continuer l'analyse du phénomène sur le stock *b, j, cn, f*. Mais la souche *Bf* isolée à partir de la population Bf/B^+f, qui a donné naissance au mutant *b, j, cn, f* et présenté des anomalies physiologiques, montre, depuis deux mois, une mutabilité accrue. Son examen permettra peut-être de mettre en évidence le facteur responsable de la mutabilité de cette souche.

En effet, de nombreuses hypothèses ont été faites concernant l'origine de la mutabilité spontanée. Muller et Ives pensent qu'il s'agit de « mutagènes »; Goldschmidt, de remaniements chromosomiques; Mumpell, de facteurs cytoplasmiques.

Notons que, jusqu'ici, seul Goldschmidt avait constaté l'apparition simultanée de plusieurs mutations. Du point de vue de l'évolution, le phénomène est intéressant, car il peut être à la base de la différenciation de certaines races, lignées ou espèces.

BIOLOGIE EXPÉRIMENTALE. — *Nature probablement sécrétoire du facteur cérébral conditionnant la mue imaginale de* Bombyx mori *L.* Note (*) de M. **Jean-Jacques Bounhiol**, présentée par M. Maurice Caullery.

Dans une Note récente [1] nous avons montré que la mue imaginale, chez *Bombyx mori*, était conditionnée par un facteur émané du cerveau au début du filage de la chenille.

Pour préciser la nature sécrétoire de ce facteur, nous avons cherché à savoir si le cerveau, privé de ses liaisons nerveuses et remis dans la tête du même animal, était capable ou non de régir, par voie humorale, le développement imaginal.

Les vers ont été opérés depuis la période d'alimentation facultative, avant la montée jusqu'à la fin du filage. Les mêmes critères que pour les expériences de décérébration relatées dans la précédente Note, ont été adoptés pour subdiviser cette période en stades.

Les 107 vers opérés ont fourni 102 chrysalides dont la destinée a été la suivante :

A. *Expériences réalisées sur des vers pendant la fin de la période d'alimentation et pendant la montée jusqu'au stade caractérisé par la translucidité*

(*) Séance du 29 septembre 1952.

antérieure du corps. — Les 28 opérés ont donné 5 vers non chrysalidés et 23 chrysalides, dont aucune n'a donné d'imago, mais dont 3 ont vécu de façon anormalement prolongée sans transformation (chrysalides définitives).

B. *Expériences pratiquées sur des vers en montée, depuis le stade de translucidité subtotale (tache rectale) jusqu'au stade initial du filage du cocon, quelques heures après le vidage intestinal.* — 27 opérés, 27 chrysalides, dont 6 ont évolué en imagos complètes (25,9 %) et 4 en imagos imparfaites.

C. *Expériences sur des vers pendant le filage du cocon (6 stades).* — 52 opérés, 52 chrysalides dont 23 sont devenues des Papillons complets (44,2 %) et 3 des Papillons imparfaits; 2 séries d'opérés seulement ont donné moins de 1/5 de Papillons, certaines ont donné 4/6, 6/6.

Remarques. — 1° Les vers opérés appartenaient aux deux races Européennes et à la race Awojiku (1re ou 2e génération) et étaient élevés à vitesse lente ou à vitesse normale. Ils ont donné les mêmes réponses, pour autant qu'ils étaient, lors de l'opération, au même stade de l'échelle adoptée.

2° Bien que la quantité de sécrétion éventuellement émise par le cerveau isolé doive être, semble-t-il, peu importante par la technique adoptée, les pourcentages des succès sont comparables à ceux obtenus par Kühn et Piepho, puis par Caspari et Plagge, il est vrai, mais sur d'autres espèces et pour démontrer l'action endocrine du cerveau *sur la pupaison.* Ces auteurs employaient des cerveaux d'animaux donneurs différents des animaux receveurs, soit plus âgés (supposés plus chargés de sécrétion), soit greffés à l'avance pour qu'ils aient le temps de s'adapter, de « prendre », avant la suppression du cerveau du receveur. Avec ces mêmes méthodes, Fukuda (1944) n'avait obtenu, pour la pupaison du ver à soie, que des résultats estimés, par lui-même, non décisifs.

Conclusion. — Le stade critique, à partir duquel la déconnection du cerveau permet le développement de l'imago, est notablement plus précoce (de 3 stades de l'échelle physiologique adoptée, c'est-à-dire de 24 h environ) que le stade critique correspondant pour la décérébration.

L'ablation du cerveau pendant la montée prive donc le ver d'un facteur que le même organe déconnecté peut fournir en quantité suffisante pour que le développement imaginal se poursuive et s'achève.

PHYSICOCHIMIE BIOLOGIQUE. — *Sur une théorie physicochimique de l'excitabilité cellulaire.* Note (*) M. **René Gibert**, présentée par M. Frédéric Joliot.

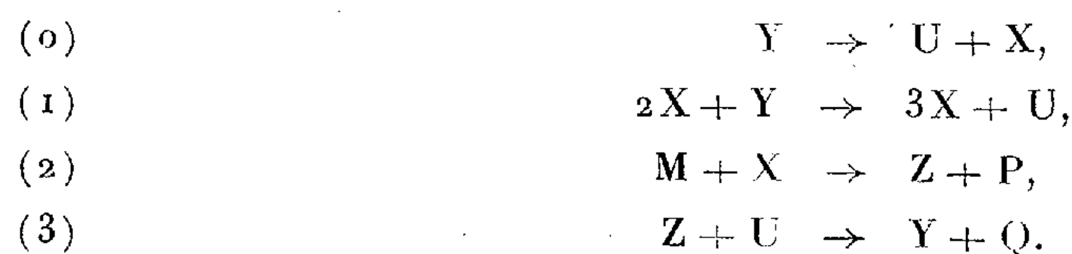
Le nombre et la précision des résultats expérimentaux réunis séparément par les physiologistes et les biochimistes dans l'étude de l'excitabilité cellulaire

(*) Séance du 29 septembre 1952.

légitiment un essai de théorie qui permettrait de les recouper les uns par les autres et de les coordonner.

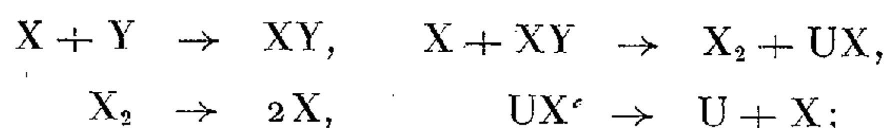
Il est possible d'édifier une théorie cohérente et qui rend compte des phénomènes fondamentaux par la considération des hypothèses suivantes :

1° Le protoplasme excitable contient des substances chimiques X, Y, Z, U susceptibles de donner lieu au cycle de réactions suivant :



$$Y \to U + X, \quad (0)$$
$$2X + Y \to 3X + U, \quad (1)$$
$$M + X \to Z + P, \quad (2)$$
$$Z + U \to Y + Q. \quad (3)$$

On peut admettre que la réaction trimoléculaire (1) est la résultante d'un certain nombre de processus bimoléculaires tels que



$$X + Y \to XY, \qquad X + XY \to X_2 + UX,$$
$$X_2 \to 2X, \qquad UX' \to U + X;$$

mais, du point de vue de la simplicité de la théorie, il est préférable de la conserver sous la forme (1).

Si k_0, k_1, k_2, k_3 sont respectivement les constantes de vitesse de ces quatre réactions, et si l'on désigne par des lettres minuscules les concentrations des corps symbolisés par des lettres majuscules, l'évolution du système chimique est régie par les équations différentielles suivantes :

$$(1) \quad \left\{ \begin{aligned} \frac{dx}{dt} &= k_0 y + k_1 x^2 y - k_2 m x, \\ \frac{dy}{dt} &= -k_0 y - k_1 x^2 y + k_3 (c - y)[b - (x + y)], \end{aligned} \right.$$

avec

$$c = y + u = \text{const.} \qquad \text{et} \qquad b = x + y + z = \text{const.}$$

L'étude mathématique se simplifie si l'on admet :

$$y \ll u < c,$$

on peut alors écrire

$$(2) \quad \left\{ \begin{aligned} \frac{dx}{dt} &= k_0 y + k_1 x^2 y - k_2 m x, \\ \frac{dy}{dt} &= -k_0 y - k_1 x^2 y + k_3 c [b - (x + y)]. \end{aligned} \right.$$

On montre aisément qu'il est possible de choisir les constantes de vitesse k_0, k_1, k_2, k_3 et les concentrations b, c et m de telle manière :

1° que ce système différentiel admette trois points singuliers (x_0, y_0), (x_1, y_1), (x_2, y_2);

2° en supposant $0 < x_0 < x_1 < x_2$ que les trois points singuliers (x_0, y_0),

(x_1, y_1), (x_2, y_2) soient respectivement un foyer attractif, un col et un foyer répulsif.

Pour un tel choix des paramètres, le système se trouve, au repos, dans l'état défini par x_0, y_0.

Si une perturbation l'écarte de cet état stationnaire, deux cas peuvent se produire :

Si la perturbation est faible, elle écarte assez peu le système de l'état x_0, y_0. Quand elle cesse, le système revient au point x_0, y_0 en suivant une trajectoire spiralée qui tend vers le point singulier;

Si la perturbation est importante, le point représentatif suit alors une trajectoire qui entoure les points (x_1, y_1) et (x_2, y_2) et le ramène finalement au point (x_0, y_6). Lors d'une telle évolution, x passe par une valeur $x_m > x_2$ qui peut être très grande comparativement à x_0.

Un tel système chimique est donc régi par une loi de tout ou rien à l'égard d'une excitation qui modifie x ou dx/dt.

En outre, on constate qu'une légère modification des paramètres d'un tel système (et, en particulier, un accroissement de $b = x + y + z$) peut faire disparaître les deux points singuliers (x_0, y_0) et (x_1, y_1) tout en conservant au point (x_2, y_2) son caractère de foyer répulsif. Une telle modification entraîne la disparition de l'état stationnaire, et le nouveau système est alors le siège d'oscillations de relaxation entretenues des concentrations x, y, z. Ce cas traduit donc les automatismes observés sur certains tissus nerveux et musculaires, et les ramène à la même interprétation que les phénomènes généraux de l'excitabilité.

Une Note ultérieure précisera l'utilisation de ces propriétés à l'interprétation des résultats expérimentaux.

La séance est levée à 15 h 50 m.

L. B.

ERRATA

(*Comptes rendus* du 11 août 1952.)

Note présentée le 28 juillet 1952, de Mme *Jacqueline Potier*, Courbes d'ébullition et de rosée du mélange azéotrope nitrique-acide à 100 % sous 760 mm Hg :

Page 434, avant-dernière ligne du tableau, *au lieu de*

	86,9..........	86,19	99,65
lire			
	86,9..........	96,19	99,65

(*Comptes rendus* du 18 août 1952.)

Note présentée le même jour, de MM. *Robert Warnecke*, *Harry Huber*, *Pierre Guénard* et *Oskar Doehler*, Amplification par ondes de charge d'espace dans un faisceau électronique se déplaçant dans des champs électrique et magnétique croisés :

Page 472, 6e ligne, *au lieu de* une température d'environ 10,5° K, *lire* une température d'environ 10^5 °K.

BULLETIN BIBLIOGRAPHIQUE.

Ouvrages reçus pendant les séances de juillet 1952.

(*suite et fin.*)

L'Abbé Nollet, biologiste et électrothérapeute au XVIIIe *siècle*, par le docteur Jean Torlais, *in Histoire de la Médecine*, n° 7, juillet 1952. Paris, Société française d'histoire de la Médecine, et Manoury, éditeur, 1952 ; 1 vol. 23,5 cm.

Récents progrès au département « fréquences » du laboratoire national de Radio-électricité, par Bernard Decaux. Extrait de *l'Onde électrique*, n° 303, juin 1952. Paris, Étienne Chiron, 1952 ; 1 fasc. 30 cm.

Nouvelle-Calédonie et Dépendances. Service météorologique. *Les Cyclones tropicaux en Nouvelle-Calédonie au cours d'un siècle* (1852-1951), par J. GIOVANELLI. Nouméa, 1952; 1 fasc. polycopié 32 cm.

Universita di Pisa. *Leonida Tonelli, in memoriam.* Pisa arti grafiche Tornar, 1952; 1 vol. 26,5 cm.

Institut des recherches agronomiques de l'Indochine. *Technologie du thé. Essai d'amélioration de la préparation des thés verts du Haut-Donnaï,* par EDMOND J. LHOMME. Saïgon, 1950; 1 vol. 27,5 cm.

Archives de l'Institut des recherches agronomiques de l'Indochine. Année 1950, n° 2. *Influence du mouvement des solutions de sol sur le développement des plantes,* par E. M. CASTAGNOL. N° 3. — *Étude des floraisons et fructifications des aleurites Montana et Fordii,* par E. M. CASTAGNOL, A. CHAVANEY et P. BILLAUX. N° 5. — *Le maïs hybride aux États-Unis d'Amérique,* par J. LE CONTE. N° 6. — *Étude des textiles du nord de l'Indochine,* par E. M. CASTAGNOL et PHAM GIA-TU. N° 7. — *Problèmes de sol et l'utilisation des terres en Indochine,* par E. M. CASTAGNOL. Photographies : VO-AN-NINH, Saïgon, 1950-1952; 5 vol. 27,5 cm.

Centre de recherches scientifiques et techniques. Archives des recherches agronomiques au Cambodge, au Laos et au Viêtnam (anciennement : Archives de l'Institut des recherches agronomiques de l'Indochine). Année 1951. n° 8. *Les sols et la végétation au Darlac et sur le plateau des trois-frontières,* par M. SCHMID, P. DE LA SOUCHÈRE et D. GODARD. Photographies : VO-AN-NINH. N° 9. — *Études concernant la lutte contre deux rhynchotes nuisibles au Théier dans le Haut-Donnaï,* par L. CARESCHE et R. MÉTAYE. N° 10. — *Compte rendu des travaux du Centre d'expérimentation agronomique de Blao en* 1947-1948 *et* 1949, par A. CHAVANEY. Photographies : VO-AN-NINH. N° 11. — *Étude de la flore microbienne des sols du Tonkin,* par E. M. CASTAGNOL et NGUYEN CONG VIEN. Année 1952, N° 12. — *Contribution à l'étude des terres rouges basaltiques et dacitiques des hauts-plateaux du sud de l'Indochine,* par E. M. CASTAGNOL. Photographies : VO-AN-NINH. Saïgon, 1950-1952; 5 vol. 27,5 cm.

ACADÉMIE DES SCIENCES.

SÉANCE DU LUNDI 13 OCTOBRE 1952.

PRÉSIDENCE DE M. AUGUSTE CHEVALIER.

MÉMOIRES ET COMMUNICATIONS

DES MEMBRES ET DES CORRESPONDANTS DE L'ACADÉMIE.

M. le **Président** souhaite la bienvenue à M. **Baptista Vinelli**, Membre de l'Académie brésilienne des sciences, Professeur d'anatomie à l'École de médecine et chirurgie de Rio de Janeiro, qui assiste à la séance.

M. le **Président** informe l'Académie de la récente élection de M. **Pierre Lejay** à la présidence de l'Union Radioscientifique Internationale.

M. **Pierre Lejay** rend compte à l'Académie des principaux résultats obtenus à la X[e] Assemblée générale de l'Union Radioscientifique internationale, qui s'est tenue à Sydney du 11 au 23 août 1952.

D'importantes dispositions administratives ont été prises en vue de faciliter l'activité internationale de l'U. R. S. I. et d'assurer la participation effective des Comités nationaux.

Dans ce but, il a été décidé que chaque Comité National désignerait lui-même un délégué national, non seulement au Comité exécutif de l'Union, mais aussi à chacune des sept Commissions; celles-ci, par contre, fixeront elles-mêmes le nombre des « membres ordinaires » qu'elles désireraient voir participer à leurs travaux et qui seront élus en ne tenant compte que de leur compétence.

Aux réunions des Commissions, les questions mises en discussion sont exposées par un spécialiste qui, en général, sera ensuite chargé de rédiger, avec l'aide de quelques collègues, un rapport officiel de l'U. R. S. I. sur la question discutée. Les études ne seront plus présentées à une Commission sur la propre initiative d'un membre, mais devront avoir été soumises,

avant l'Assemblée, au Président de la Commission par le canal des Comités nationaux qui jugeront si l'étude présente un intérêt international.

Des Sous-Commissions ou des groupes de travail restreints seront chargés par les Commissions de suivre des problèmes déterminés, d'établir les liaisons nécessaires entre les diverses personnalités ou laboratoires intéressés. Ces groupes rendent compte de leur activité à l'Assemblée générale. C'est ainsi que la Commission de l'Ionosphère a constitué six Sous-Comités pour étudier, entre autres, l'interaction ou l'absorption des ondes radioélectriques dans l'ionosphère et les diverses méthodes de prévision de l'activité solaire, pour organiser la diffusion internationale des renseignements géophysiques nécessaires aux prévisions de perturbations ionosphériques, etc.

Trois rapports très importants ont déjà été établis sur la radiation radioélectrique du Soleil, sur les marées de l'ionosphère et sur les plasmas. Des Comités mixtes intéressant plusieurs Commissions ont été créés : l'un pour la préparation de l'année géophysique internationale de 1957, un autre pour l'étude de la durée de propagation des signaux horaires en vue des mesures internationales des longitudes en 1958, un troisième pour l'étude des observations radioélectriques de l'éclipse de février 1952.

Il serait impossible de citer tous les chapitres sur lesquels des groupes de travail permanents ont été formés. Mentionnons, cependant, les Comités qui doivent assurer la coordination des travaux de Radio-Astronomie, notamment des observations continues de la radiation radioélectrique solaire, et surveiller l'établissement de la « carte du ciel » radioélectrique; le Comité chargé de suivre les études sur la propagation à grande distance des ondes métriques et des ondes centimétriques, phénomène récemment découvert qui ouvrira peut-être un très large avenir à la télévision et à la radiodiffusion par modulation de fréquence; enfin, le Comité coordonnant les travaux sur les interférences entre ondes directes ou réfléchies par les surfaces de discontinuité en altitude qui provoquent des perturbations de réception, principalement dans les liaisons entre avions.

Ce simple aperçu suffit à montrer les progrès accomplis par l'U. R. S. I. pour l'organisation de la recherche scientifique dans le domaine de la radioélectricité sur le plan international.

Le fait que le nouveau Président de l'U. R. S. I. soit français et l'élection de M. Laffineur à la présidence de la Commission des radiations extraterrestres témoignent du renom que la France garde encore auprès de nos collègues étrangers, malgré une certaine déficience technique regrettable due au manque de moyens de nos laboratoires.

M. **Roger Heim** s'exprime en ces termes :

« La troisième Assemblée de l'Union Internationale pour la Protection de la Nature s'est tenue à Caracas (Venezuela) du 3 au 9 septembre 1952, et j'eus l'honneur d'y conduire une délégation française, que vous aviez bien voulu désigner, et qui réunissait MM. Henri Humbert, Fr. de Maublanc, Jacques Berlioz, G. H. Lestel et A. Villiers. Cette importante manifestation laissera à son actif des vœux bien étudiés et des résolutions précises relatifs à l'action des feux de brousse sur les équilibres naturels, à la sauvegarde des grands troupeaux d'animaux sauvages dans les régions semi-désertiques, à la survivance des espèces endémiques des Antilles et de la Mer Caraïbe. Un débat a permis certains échanges de vue à propos de la répercussion des ouvrages d'art et spécialement des constructions hydroélectriques sur les équilibres faunistiques et floristiques. L'Assemblée a recommandé que dans chaque pays se constituent et se réunissent des comités d'experts groupant ingénieurs, hydrauliciens, écologistes, phytogéographes, etc., afin que les répercussions de telles constructions sur les équilibres de la Nature soient prévues, suivies, expliquées, mesurées, dans un esprit scientifique et constructif, et que les groupements industriels intéressés à de tels travaux participent directement à l'octroi de bourses qui permettraient à des chercheurs d'examiner à ce propos les répercussions précises de tels ouvrages.

« L'Assemblée a voté une première rédaction d'un « manifeste international des droits de la Nature », qui sera soumise aux juristes experts de l'UNESCO, et dont l'adoption solennelle par tous les États marquerait une date dans l'histoire des efforts déployés en vue d'une meilleure utilisation et d'une plus sûre sauvegarde des ressources naturelles, notamment d'une préservation de la flore et de la faune sauvages, ainsi que des sols dont l'épuisement rapide, dans les régions intertropicales, compromet gravement l'avenir même de la population du globe. L'augmentation inquiétante de celle-ci, qui atteindra 4 milliards d'individus dans un siècle, contre 545 millions en 1650 et 2 milliards et demi aujourd'hui, a vivement préoccupé le Congrès qui a émis le vœu que les grandes institutions internationales s'intéressent de plus en plus à ce facteur essentiel de déséquilibre, et il a décidé de mettre spécialement à l'ordre du jour de sa IV[e] Assemblée, qui se tiendra à Copenhague en 1954, la discussion de fond relative à cette question, en dehors bien entendu de toute préoccupation d'ordre philosophique, moral ou religieux, mais dans le seul but de préserver le monde futur des catastrophes résultant de l'amenuisement croissant des possibilités ouvertes par les ressources naturelles dites renouvelables de notre planète.

« La nature même de ces problèmes met bien en évidence l'urgence et la gravité des objectifs de telles réunions. De nouveaux pays, d'ailleurs, ont adhéré par la voie de leur gouvernement à l'Union Internationale pour la Protection de la Nature, dont la création, à Fontainebleau, en 1948, avait suivi l'initiative du Gouvernement français de susciter cette Assemblée constitutive. Malheureusement, celui-ci n'a pas encore donné officiellement son adhésion à cette Union, alors que la Belgique, le Luxembourg, la Hollande, la Suisse, le Venezuela, ont apporté la leur. Vos délégués au Congrès de Caracas souhaitent que le Gouvernement français dissipe prochainement l'impression injustifiée, qu'il pourrait laisser, de se désintéresser ainsi de problèmes d'une telle ampleur.

« Mon récent voyage en Amérique du Sud, au Salvador, au Mexique, m'a livré de nouveaux et effroyables exemples de l'érosion consécutive aux méthodes déplorables de culture, notamment sur pentes, à la pratique des abatis et des brûlis, à la surpopulation, et l'on peut affirmer aujourd'hui que l'effondrement de l'antique civilisation maya a suivi dans le Yucatan l'appauvrissement du sol dû en grande partie à la monoculture du maïs.

« Souhaitons que, bientôt, une Commission nationale réunissant ingénieurs, naturalistes, écologistes, se penche sur les grands problèmes nés de l'érosion, de la multiplication des barrages et des ouvrages hydroélectriques, dans le but de découvrir en commun, par l'action judicieuse de l'Homme, des solutions nouvelles aux méfaits de plus en plus préoccupants de l'érosion, due aussi à l'action, mais à l'action néfaste et destructrice, des hommes et aux mauvaises méthodes d'exploitation de la Nature et de ses sols. »

AÉRODYNAMIQUE. — *A propos du gong sonique.*

Note de M. **Maurice Roy**.

1. De récentes démonstrations de vol en piqué à une vitesse dépassant celle du son ont permis à un vaste public d'entendre des claquements sonores, souvent doubles et parfois triples, perceptibles à assez grande distance et se succédant à d'assez brefs intervalles.

L'audition de ces claquements, que je propose d'appeler « coups de gong sonique », ne semble pas attribuable à la perception auditive des quasi-ondes de choc diverses qui, lorsque la vitesse d'un avion dépasse suffisamment celle du son, se développent auprès et autour des formes antérieures et postérieures du fuselage, des ailes et de l'empennage de l'avion, et qui coiffent ces obstacles ou en émanent. Car, d'une part, l'intensité de ces quasi-ondes de choc s'atténue rapidement en s'éloignant latéralement de l'avion et, d'autre part,

leur écartement mutuel (de l'ordre 3 à 10 m au plus) ferait enregistrer leur passage, en un point donné et près de l'axe de la trajectoire, avec un décalage de quelques centièmes de seconde, notablement inférieur à celui constaté.

2. L'explication du gong sonique paraît plutôt devoir être recherchée dans l'accumulation, pour un observateur convenablement placé, des ébranlements acoustiques émis par l'avion pendant le franchissement de la vitesse du son.

Soient un avion, assimilé à une source sonore ponctuelle, en vol rectiligne dans une atmosphère homogène, franchissant (point sonique S) la vitesse du son a avec une accélération γ, et un observateur P, placé en avant, à une distance r de S, la direction SP faisant l'angle α avec la trajectoire orientée. Considérons un intervalle de temps θ encadrant le passage de l'avion en S, et l'intervalle de temps Δ pendant lequel les ébranlements émis par l'avion au cours de l'intervalle θ atteignent le point P.

En supposant l'angle α et les rapports $a\theta/r$ et $\gamma\theta/a$ assez petits, on peut établir qu'en première approximation

$$(1) \qquad \Delta \simeq \frac{\gamma}{8a}\,\theta^2,$$

où α n'intervient pas directement. Toutefois, cet angle fait varier le chevauchement de θ sur l'instant du passage de l'avion en S.

Supposons $a = 340$ m/s; $\gamma = 1$ m/s^2 (soit $\simeq 0,1$ g) et $\theta = 1$ s. Alors, (1) montre que les ébranlements émis par l'avion pendant 1 s, soit 340 m de parcours, se rassemblent, en un point quelconque de l'espace situé assez loin en avant et dans un cône pas trop ouvert autour de la trajectoire, sur un intervalle de temps 2 720 fois plus bref (368 μs).

Pour l'observateur, la nature et l'intensité du « bruit » perçu, notamment en raison de l'accumulation importante de très petites quantités d'énergie, doivent différer considérablement de celles des bruits antérieurs et ultérieurs.

En un point situé sur la trajectoire, le phénomène est le même à toute distance en avant de l'avion, mais l'intervalle θ chevauche alors symétriquement l'instant du passage de l'avion en S.

Le bris de vitres, constaté dans des bâtiments proches des démonstrations en question, confirme la parenté de l'accumulation en cause d'ébranlements acoustiques avec l'effet à distance de certaines explosions, au bruit desquelles s'apparente également celui du « gong sonique ».

3. Après qu'un avion a franchi, en piqué accéléré et à peu près rectiligne, la vitesse du son, il la franchit ensuite de nouveau en ralentissant pour effectuer la ressource qui lui fait éviter le sol. Le phénomène précédent se reproduit alors (Δ change de signe avec γ, ce qui n'inverse que le sens d'accumulation des ébranlements), et provoque un redoublement du coup de gong sonique.

En outre, le sol, surtout celui d'un aéroport ou d'une piste, peut réfléchir le choc des ébranlements accumulés qui viennent le frapper, et donner un écho des coups de gong, notamment de celui provoqué au plus près du sol.

4. La vitesse du son augmente à mesure qu'un avion en piqué se rapproche du sol, et il est facile de calculer l'accélération γ que l'avion devrait avoir pour conserver à toute altitude une vitesse égale à la célérité du son. Si i désigne l'inclinaison de sa trajectoire sur la verticale, on trouve, en unités M. K. S. et dans la troposphère-standard où la température s'accroît de 6,5°C en descendant verticalement de 1 000 m, que

$$\gamma = \frac{k-1}{2} c_p \frac{6,5}{1000} \cos i; \qquad \text{avec} \quad k = \frac{c_p}{c_v} \cong 1,4 \qquad \text{et} \qquad c_p \cong 1000.$$

Pour $i = 30°$, on a $\gamma = 1,13\ \text{m/s}^2 \cong 0,115\ g$. Une légère oscillation de l'accélération autour de cette valeur remarquable, en piqué d'inclinaison constante, suffirait alors à provoquer des franchissements alternés et répétés de la vitesse locale du son.

5. Les remarques précédentes incitent à réfléchir à de nombreux aspects aérodynamiques et mécaniques du comportement d'un avion lors du franchissement de la vitesse du son, avec les accélérations modestes qui, aujourd'hui, accompagnent généralement cette performance encore rare, et qui introduisent une différence si marquée avec le cas des projectiles supersoniques.

Volant à la célérité locale (moyenne) du son, un avion voyage avec les ébranlements qui se propagent vers l'amont et qu'il inflige à l'air environnant, et cette circonstance, selon que la vitesse de vol croît ou fléchit légèrement, modifie *par influence cumulative* les « conditions aux limites » de l'écoulement, considérées à quelque distance finie de l'avion. Il faut craindre que puissent ainsi se développer des formes d'écoulement — notamment, transitoires et instables — très différentes de celles envisagées jusqu'ici par les théories que la nécessaire simplification de problèmes très difficiles conduit à préférer l'étude de régimes établis, souvent sans égard à la diversité possible de leurs modes d'établissement.

L'expérimentation systématique reste elle-même encore défaillante, car l'étude d'un écoulement sonique permanent, et *a fortiori* transitoire, n'est pas encore réalisable à volonté dans les souffleries, tandis que les essais correspondants à l'air libre ou en vol restent malaisés, onéreux et risqués.

6. Les problèmes envisagés sont d'actualité primordiale pour la recherche aéronautique. Des effets inattendus et à peine soupçonnés s'y révéleront sans doute, notamment par suite de la non-réversibilité foncière de la distribution des ondes de choc autour d'un mobile transsonique, selon que sa vitesse va en croissant ou en diminuant.

De tels effets paraissent susceptibles, en particulier, d'infliger aux structures des efforts imprévus et à évolution soudaine, et de perturber brusquement l'alimentation en air et la poussée des réacteurs. Dans l'état actuel des connaissances, il paraît recommandable d'expérimenter, d'abord, le franchissement de la vitesse du son à haute altitude, et probablement avec une accélération momentanée aussi forte que possible (en valeur absolue), ce qui renforce l'intérêt moderne des systèmes propulsifs pouvant procurer en de telles conditions un large excédent de poussée.

CHIMIE ORGANIQUE. — *Hydruration photochimique de la phénazine.*
Note (*) de MM. **Charles Dufraisse, André Étienne** et **Edmond Toromanoff.**

On décrit l'hydrogénation, à la lumière, de la phénazine en solutions alcooliques.

Nous nous sommes demandé si la phénazine, I, en raison de sa structure acénique, ne serait pas photooxydable, malgré la faible affinité de ses azotes pour l'oxygène. L'obtention du photooxyde, IV, n'apparaissait pas comme impossible, vu l'existence du *bis*-aminooxyde, III, manifestement apparenté à IV, mises à part, naturellement, certaines particularités ostensibles d'ordre chimique et stéréochimique.

Mais, quand on a irradié la phénazine en différents solvants, des phénomènes tout autres ont pris le pas sur la photooxydation et, par là, nous ont imposé leur étude propre.

Sous l'influence de la lumière, en effet, la phénazine se comporte comme un énergique accepteur d'hydrogène, qu'elle prend au milieu en formant le mésodihydrure, II, avec production intermédiaire des associations moléculaires colorées, précédemment décrites (1), l'une bleue, F_{inst} 255-256°, résultant de l'union équimoléculaire avec la phénazine initiale, l'autre, violette, F_{inst} 216-217°, contenant une molécule d'hydrure pour trois de phénazine.

Ainsi, dans l'alcool isopropylique où les phénomènes sont particulièrement simples, l'hydruration photochimique de la phénazine, sous vide, passe par les trois phases suivantes :

1° Apparition rapide (quelques minutes d'insolation) de cristaux très foncés, noirs à l'examen macroscopique, violets au microscope. Aussi longtemps qu'il reste, en suspension dans la liqueur, des cristaux de phé-

---

(*) Séance du 29 septembre 1952.

(1) Ch. Dufraisse, A. Étienne et E. Toromanoff, *Comptes rendus*, 232, 1951, p. 2379.

nazine non transformée, le dépôt des cristaux violets augmente, sans apparition de cristaux d'une autre couleur.

2° A partir de là, commencent à apparaître des cristaux bleus, dont la quantité augmente au détriment des violets. La transformation des violets finit par être totale.

3° Les cristaux bleus disparaissent à leur tour pour faire place à des cristaux incolores de dihydrophénazine, caractérisée par son point de fusion et celui de son dérivé N-diacétylé, en comparaison avec des échantillons authentiques.

Il peut arriver, principalement avec des irradiations intenses, que la succession des trois phases ne soit pas aussi nettement tranchée, les cristaux bleus, par exemple, n'ayant pas le temps de se former.

Pendant ces transformations, la liqueur ne prend jamais de teinte foncée : ayant au départ la coloration jaune clair de la phénazine, elle se décolore progressivement à la fin, ou bien devient légèrement gris verdâtre.

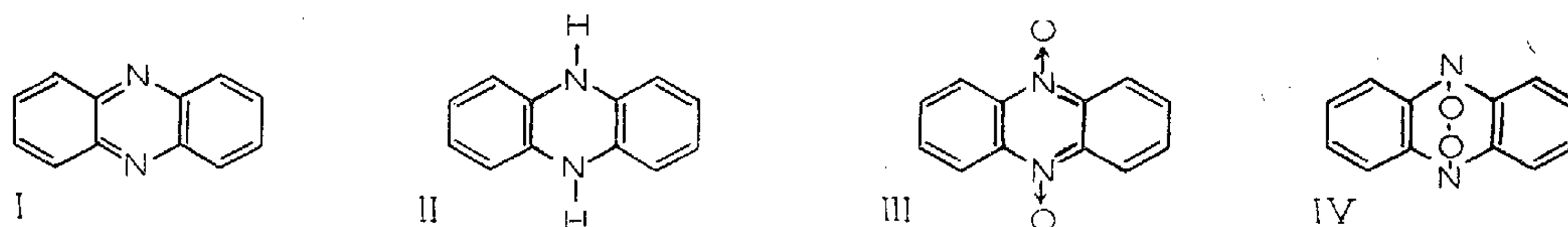
Les phénomènes, tels qu'ils viennent d'être décrits avec l'alcool isopropylique, s'observent de manière semblable dans les alcools méthylique ou éthylique. Avec ce dernier solvant, la formation des cristaux violets et celle du dihydrure se font un peu plus rapidement, dans les mêmes conditions de concentration et d'exposition, qu'avec les alcools méthylique ou isopropylique : ainsi, il suffit de 2 minutes d'exposition à la lumière solaire d'une solution éthylique saturée de phénazine pour faire apparaître les cristaux violets, au lieu de 4 à 5 minutes pour les solutions méthylique ou isopropylique de même concentration. Toutefois, les colorations assez foncées, rose à rougeâtre, prises au cours de l'irradiation, par les solutions de phénazine dans l'alcool éthylique et, plus encore, dans l'alcool méthylique, justifient la préférence donnée plus haut à l'alcool isopropylique comme exemple typique.

Dans les alcools tertiaires (triméthylcarbinol, diméthyléthylcarbinol), l'apparition des cristaux violets, comme aussi l'hydrogénation photochimique tout entière jusqu'au terme final, sont incomparablement plus lentes que dans les alcools primaires ou secondaire précités. De plus, les solutions irradiées sont encore plus fortement colorées que dans les cas précédents.

L'hydruration de la phénazine se fait aux dépens de l'alcool : ainsi, nous avons caractérisé l'acétaldéhyde, dans la solution éthylique irradiée, par sa dinitro-2.4 phénylhydrazone (F_{inst} 168-169°); de même l'acétone, provenant de la déshydrogénation de l'alcool isopropylique, a été caractérisée par sa *p*-nitrophénylhydrazone (F_{inst} 147-148°). La nature des

transformations subies par le méthanol et les alcools tertiaires n'a pas encore été élucidée.

La réaction n'est pas sans rappeler d'autres hydrurations à la lumière, tout spécialement celle des cétones dites photoactives, quinones ou diarylcétones, phénomènes ayant fait l'objet de nombreux travaux depuis l'étude initiale de Ciamician et Silber [2]. Cependant, alors que pour les quinones il y a rétablissement d'une structure aromatique par hydrogénation, ce qui vaut à la réaction un appoint d'énergie venant d'un accroissement de résonance, au contraire, pour les phénazines, l'hydrogénation détruit une structure aromatique, ce qui lui oppose la variation d'énergie de résonance. Cette différence, quant au produit final de la réaction, pourrait fort bien expliquer pourquoi les quinones s'hydrogènent encore plus vite à la lumière que la phénazine.



On a, il est vrai, le cas des diarylcétones, qui se transforment rapidement en pinacols, donc avec suppression d'une structure résonante, celle qu'établit le carbonyle avec les noyaux adjacents, mais l'énergie de résonance, qui entre alors en jeu, est faible à côté de celle de la structure aromatique elle-même et n'a plus qu'une importance minime devant l'énergie lumineuse.

Une deuxième différence, saillante, entre la photohydruration que nous présentons et les précédentes, tient à l'extrême oxydabilité de la dihydrophénazine, qui oblige à manier ce corps à l'abri de l'air. En ne prenant pas cette précaution, on observe uniquement l'oxydation déshydrogénante du solvant, puisque la phénazine se régénère au fur et à mesure et se donne ainsi l'apparence de n'y intervenir que par voie catalytique.

En effet, en présence d'air, on ne voit, à aucun moment, de cristaux incolores de dihydrophénazine, ou même de cristaux bleus. Les cristaux violets, les plus prompts à se former comme on l'a vu, apparaissent parfois, mais seulement si la vitesse de leur formation est supérieure à celle de l'oxydation de la dihydrophénazine. C'est ce qui a lieu par irradiation intense de solutions alcooliques sursaturées de phénazine : une partie de

---

(2) *Ber*, 33, 1900, p. 2911.

la dihydrophénazine peut alors échapper à l'oxygène par précipitation sous forme de corps violet, insoluble.

Il n'est pas dénué d'intérêt de signaler une conséquence pratique des faits qui viennent d'être exposés : l'hydruration photochimique de la phénazine, dans l'alcool isopropylique sous vide, est avantageusement utilisable pour la préparation, en petites quantités, de la dihydrophénazine pure.

GÉOLOGIE. — *Curieuses cristallisations de calcite, attribuées à tort à des Algues* (Microcodium), *dans la partie terminale du Crétacé supérieur alpin et pyrénéen.* Note de M. **Léon Moret.**

En 1920, j'avais découvert à la base du Nummulitique du plateau d'Arâche (massif de Platé) et de la vallée du Giffre en Haute-Savoie ([1]), des couches singulières, épaisses de plusieurs mètres, presque exclusivement constituées de minuscules débris calciteux prismatiques isolés ou associés en cristallisations radiées, et dans lesquelles j'avais cru reconnaître des restes de test d'Inocérames.

Cette opinion se trouvait renforcée par le fait que les calcaires sublithographiques à Rosalines du Sénonien subordonné renfermaient eux-mêmes des niveaux riches en vestiges indiscutables de coquilles de ces Lamellibranches, dont les petits prismes des couches superposées possédaient l'aspect, les dimensions et les propriétés cristallographiques.

Mme Rech-Frollo attirait l'attention et figurait en 1948 ([2]) des objets calciteux analogues dans les couches dites « calcaires spathiques » du Danien de la zone orientale du sillon Nord-pyrénéen, et dans lesquels je n'eus pas de peine à reconnaître mes microprismes d'Arâche.

Mais, constatant l'association fréquente de ces petits prismes pour donner des concrétions vaguement étoilées en section transversale, l'auteur proposait de les attribuer à un genre d'Algue Codiacée, *Microcodium*, créé par Glück pour des formes du Miocène de l'Allemagne et de l'Afrique du Nord. C'est sous cette appellation, erronée à mon sens, qu'allaient être désormais signalés ces objets.

Les plages cristallines des calcaires dits spathiques du Danien pyrénéen devenaient ainsi les facettes de clivage des prismes formant la trame recristallisée dudit *Microcodium* dont le rôle, ici comme à Platé, se révélait des plus importants dans la genèse de ces roches.

([1]) *Comptes rendus*, 171, 1920, p. 1276.
([2]) *Bull. Soc. Géol. France*, 1948, p. 115, pl. V, *fig.* 3.

Des formations analogues ont, par la suite, été retrouvées dans le Crétacé supérieur du Haut-Var ainsi que dans celui de la couverture autochtone du dôme de Barrot par M. P. Fallot et M[lle] A. Faure-Muret (3), ainsi que par M[me] Gubler-Wahl et G. Verrier. Puis M[me] Gubler-Wahl et mon élève M. l'abbé J. Rosset me les signalaient à la base du complexe nummulitique des Aravis, non loin du village de Romme. Enfin, plus récemment, M[me] Gubler-Wahl me signalait également leur présence dans la région du Bachelard, près Barcelonnette, au toit du Crétacé terminal, où elles forment des encroûtements bien stratifiés, intercalés dans les calcaires fins sous le conglomérat de base du Lutétien supérieur.

Ces couches à « *Microcodium* » ont pu être suivies dans cette région sur plusieurs kilomètres. Comme elles occupent ici une position stratigraphique bien nette au sommet du Crétacé et sous le Nummulitique transgressif, on peut sans trop de risques, les paralléliser avec les dépôts analogues des Pyrénées. Ailleurs, à Arâche, dans le Haut-Giffre, aux Aravis et sans doute dans le Nord des Alpes-Maritimes, les roches à « *Microcodium* » semblent être plutôt le résultat d'un remaniement; en tout cas, à Arâche, elles renferment des Nummulites et dans les Alpes-Maritimes elles se rencontrent dans le conglomérat qui sépare le Crétacé supérieur à Rosalines des calcaires lutétiens à grandes Nummulites.

La vraie nature de ces productions reste encore une énigme et il faut reconnaître qu'il y a là un problème assez troublant car elles peuvent être très facilement confondues avec les tests d'Inocérames et parfois même avec les mailles alvéolaires des grosses coquilles d'Huîtres (dont nous connaissons, notamment aux Aravis, des lits lumachelliques à la base du Nummulitique), ou exceptionnellement avec des sections de tiges de *Microcodium*.

Mais l'assimilation à l'un ou l'autre de ces organismes ne peut plus être soutenue depuis que l'on a pu découvrir ces formations à l'état de véritables croûtes très étendues et en place au sommet du Crétacé, et il faudrait, si l'on persiste à croire à la nature organique de ces corps, en arriver plutôt à l'opinion qu'il s'agit d'animaux encroûtants d'un type absolument inconnu dans la nature actuelle, sorte de gelée vivante tapissant la totalité du fond marin et susceptible de fixer le carbonate de calcium du milieu pour le précipiter sous forme de prismes analogues à ceux de la coquille de certains Lamellibranches.

Pour ma part, après avoir examiné de nombreux échantillons provenant de toutes les localités dont il a été question, je n'hésite plus à abandonner la thèse de l'origine organique pour me ranger à celle de l'origine purement minérale.

Cette dernière, outre qu'elle présente l'avantage d'éviter aux paléontologistes l'aventure de l'*Eozoon canadense* ou celle d'un nouveau *Bathybius*, s'accorde mieux avec les conditions de gisement, en revêtements étendus, de

---

(3) *Bull. Carte géol. Fr.*, n° 226, 47, 1949; *C. R. des Collab. pour la campagne de* 1948, p. 125.

ces formations, ainsi qu'aux observations que j'ai pu faire de Foraminifères encroûtés et pénétrés par les petits cristaux qui les constituent.

Je serai même tenté de comparer ces singuliers dépôts aux abondantes précipitations de fines particules de CO_3Ca qui ont été observées en août 1943 ([4]) sur toute la surface de la Mer Morte, phénomène renouvelé du passé puisque des récoltes de sédiments de fond ont permis d'y mettre en évidence des intercalations cristallines blanchâtres de même nature.

L. Royer a donné de ce phénomène l'explication suivante ([5]) : Les eaux de surface des océans peuvent parfois renfermer des quantités de CO_3Ca bien supérieures à celles qui correspondent à la saturation; qu'un germe cristallin soit amené dans ces eaux par des causes d'origine diverses (vents, sources, cours d'eau, etc.), la cristallisation se produit alors en masse et les petits cristaux isolés ou agglomérés viennent finalement se stratifier sur le fond. La solubilité du carbonate de calcium diminue quand la température de l'eau marine augmente, et c'est pourquoi le phénomène, qui a été également signalé dans les lagunes coralliennes, se produira de préférence pendant les périodes chaudes.

Dès lors, il est permis de supposer que les mers expirantes de la fin du Crétacé ont pu être affectées sur de grandes étendues par des phénomènes de cet ordre et au moment où, précisément, devaient se produire des variations paléogéographiques et climatiques annonciatrices des temps tertiaires, certainement favorables à de telles précipitations ([6]).

CHIMIOTÉRATOGENÈSE. — *Essai de classification des substances chimiques électivement tératogènes.* Note de M. **Paul Ancel.**

Cet essai de classification est basé sur les variétés de malformations typiques obtenues suivant les substances et sur les variétés de lésions cellulaires qu'elles produisent. La concordance des résultats obtenus par ces deux voies de recherche est mise en évidence.

Certaines substances chimiques sont capables de produire des malformations. Nous avons montré en collaboration avec Mme Lallemand depuis 1939 qu'à un stade déterminé du développement chez l'embryon de Poule, la variété de malformation obtenue dépend de la nature de la substance

---

([4]) Bloch, Littman et Elasari-Volcani, *Nature*, 154, 1944, p. 402.

([5]) *Comptes rendus*, 221, 1945, p. 239.

([6]) La méthode de Rankama fondée sur les isotopes du carbone (on dose le carbone 13 dont le rapport avec le carbone 12 dans un composé carboné, varie suivant que celui-ci est d'origine organique ou minérale) permettrait peut-être de trancher la question, mais à condition de partir d'échantillons purs, soigneusement isolés.

injectée. Ce fait peut être très facilement mis en évidence en comparant entre elles les actions tératogènes de substances que nous avons particulièrement étudiées : la colchicine, la trypaflavine, l'ésérine, la paraminobenzène sulfamide (1162 F) et des arsenicaux organiques (1).

Ces substances nous paraissent pouvoir être rangées en deux groupes. L'ésérine et le 1162 F sont des représentants du premier groupe. Ces substances produisent les mêmes malformations que certaines carences en nourriture de la poule pondeuse et réalisent l'achondroplasie essentiellement caractérisée par de la brachymélie avec coudure du tibio tarse accompagnée de bec de rapace ou de perroquet. La colchicine, la trypaflavine et les arsenicaux organiques se rangent dans le second groupe. Ces corps arrêtent le développement d'une ébauche, temporairement ou définitivement. Il en résulte des atrophies ou des absences d'ébauches donnant des malformations très différentes de celles produites électivement par l'ésérine et le 1162 F (ectromélie, hémimélie, ectrodactylie, symélie, celosomie, strophosomie, absence de l'amnios ou de l'allantoïde, etc.). Le second groupe peut être subdivisé en trois parties suivant les malformations typiques déterminées par les substances qu'il renferme. A dose juxtalétale, ces substances produisent chacune plusieurs malformations, mais, en diminuant graduellement les doses, on n'en obtient plus qu'une seule et cette malformation typique diffère pour chacune des trois substances de notre second groupe; c'est la strophosomie pour la colchicine, l'absence d'amnios pour la trypaflavine et l'anourie pour les arsenicaux organiques (méthylarsinate et cacodylate de sodium).

La strophosomie, malformation typique de la colchicine, ne peut être obtenue par la trypaflavine quelle que soit la dose utilisée, nous ne l'avons pas non plus obtenue avec les arsenicaux (arsenites, arseniates, méthylarsinate), sauf avec le cacodylate qui l'a produite dans de faibles proportions. De même, les embryons sans amnios réalisés à l'aide de trypaflavine n'ont pu être obtenus ni par la colchicine ni par les arsenicaux.

Ce mode de classement des substances chimiques tératogènes basé sur la variété de leur pouvoir électif nous paraît devoir être rapproché d'un autre basé sur la variété de lésion produite dans les cellules.

P. Dustin a groupé sous l'appellation de caryoclasiques des substances chimiques dont l'action lésante porte sur le noyau. On les nomme actuellement « poisons mitotiques ». P. Dustin Jr. (2) les a divisés en deux groupes suivant qu'elles agissent sur l'une ou sur l'autre des deux phases d'hyper-

(1) P. Ancel, *La chimiotératogenèse chez les Vertébrés*, Paris, 1950.

(2) *Nature*, 159, 1947, p. 794.

sensibilité de la mitose. Les corps du premier groupe localisent leur action sur le fuseau, elles arrêtent la mitose en métaphase, ce sont les poisons dits métaphasiques ou fusoriaux; ceux de la seconde variété empêchent la mitose de se produire, leur action se concentre sur la chromatine, ils amènent la mort de la cellule par picnose. Ce sont les poisons préprophasiques ou antéphasiques ou chromosomiques ou radiomimétiques.

La colchicine est un poison fusorial typique et la trypaflavine un poison chromosomique; quant aux arsenicaux, ce sont des poisons mixtes qui appartiennent aux deux groupes précédents. D'une part, ils détruisent certaines cellules par picnose et, d'autre part, ils arrêtent de nombreuses cellules en métaphase. « Ce dernier effet identique à celui de la colchicine est surtout apparent avec le cacodylate ». Ces trois variétés de corps sont les exemples choisis par l'auteur pour établir les trois catégories de sa classification.

Notre second groupe de substances électivement tératogènes apparaît donc constitué par des poisons mitotiques et nos trois subdivisions, basées sur la variété de la malformation typique obtenue, sont en concordance avec celles de Dustin. Des recherches ultérieures pourront seules montrer dans quelle mesure ces résultats obtenus par la tératogénèse, d'une part et par la cytologie de l'autre pourront être systématisés, mais une remarque s'impose actuellement au sujet de la ricine. Cette substance très différente chimiquement de la colchicine donne cependant la même malformation typique et fait apparaître des strophosomes en aussi forte proportion que la colchicine, or la ricine arrête en métaphase de nombreuses cellules de l'ébauche dont la lésion est responsable de la strophosomie (3).

La comparaison des effets tératogènes électifs des substances chimiques avec leurs effets cytologiques montre en somme que ce ne sont pas les mêmes cellules qui sont électivement sensibles à un poison fusorial, à un poison chromosomique et à un poison mitotique mixte. Cette comparaison, en faisant apparaître une relation possible entre la variété de pouvoir tératogène électif de diverses substances chimiques et la variété de lésion cellulaire produite, augmente la valeur des deux classifications basées l'une sur la tératogénèse et l'autre sur la cytologie. Elle paraît en outre, par le groupement des faits qu'elle réalise, susceptible de constituer une voie d'étude de la différenciation cellulaire, orientée vers la connaissance du déterminisme de l'électivité dans la sensibilité d'ébauches organiques à des substances chimiques.

---

(3) Youssef, *Thèse doctorat*, Faculté de Pharmacie, Strasbourg, 1940-1941.

M. **Roger Heim** dépose sur le Bureau un Volume de MM. Pierre Bourrelly et Émile Manguin intitulé : *Algues d'eau douce de la Guadeloupe et dépendances recueillies par la Mission P. Allorge en* 1936, dont il a écrit la *Préface*.

L'Ouvrage suivant est présenté par M. **Roger Heim** : *Encyclopédie mycologique*. XXI. *La description des Champignons supérieurs*, par Marcel Josserand.

DÉSIGNATIONS.

MM. **Louis de Broglie**, **Georges Darrieus** et **Hippolyte Parodi** sont désignés pour représenter l'Académie à la Cérémonie qui aura lieu à l'**École Supérieure d'Electricité**, le 21 octobre 1952, à l'occasion de la remise de la Croix de guerre 1939-1945 à cette École.

CORRESPONDANCE.

M. **Wallace Atwood**, comme représentant de l' « Academy of sciences » de Washington et du « National Research Council » des États-Unis d'Amérique, écrit que le Service des Relations internationales qu'il dirige est prêt à échanger avec l'Académie des sciences et ses Membres, toute correspondance utile au progrès des sciences.

M. le **Secrétaire perpétuel** signale, parmi les pièces imprimées de la Correspondance :

1° Institut des Parcs Nationaux du Congo Belge. Exploration du Parc National Albert. *Mission G. F. de Witte* (1933-1935). Fasc. 78.

2° Id. Exploration du Parc National de l'Upemba. *Mission G. F. de Witte en collaboration avec W. Adam, A. Janssens, L. Van Meel et R. Verheyen* (1946-1949). Fasc. 8, 12, 13.

3° Sveriges geologiska Undersökning. Ser. C, NR 500. Tavla 1 : Karta över *Markreaktionen hos skånska Jordar*, par Olof Arrhenius.

ALGÈBRE. — *Sur quelques propriétés des idéaux dans les demi-groupes.* Note de Mlle **Marianne Teissier**, présentée par M. Jacques Hadamard.

1. Soient D un demi-groupe sans zéro, $\mathfrak{J}$ l'idéal bilatère réunion des idéaux nimaux de D. On sait (¹) que tout idéal mineur de D est idempotent ou a son

(¹) M. Teissier, *Comptes rendus*, 234, 1952, p. 386.

carré dans $\mathcal{J}$. *Soit $\mathcal{G}'$ un idéal à gauche mineur idempotent.* On a $\mathcal{G}'^2 = \mathcal{G}'$; il existe donc au moins un $x \in \mathcal{G}'$ tel que $\mathcal{G}'x = \mathcal{G}'$. Les éléments x de $\mathcal{G}'$ qui respectent $\mathcal{G}'$ à droite, c'est-à-dire qui vérifient $\mathcal{G}'x = \mathcal{G}'$, forment un *sous-demi-groupe* $\mathcal{R}$ (si $\mathcal{G}'x = \mathcal{G}'$ et $\mathcal{G}'y = \mathcal{G}'$, $\mathcal{G}'xy = \mathcal{G}'$) qui est contenu dans $\mathcal{C} = \mathcal{G}' \cap (\mathrm{D} - \mathcal{J})$.

Supposons que $\mathcal{G}'$ contienne *un nombre fini p* d'idéaux minimaux (cas particulier : D vérifie la condition minimale). On a

$$\mathcal{G}' = \mathcal{C} + \mathcal{G}_1 + \mathcal{G}_2 + \ldots + \mathcal{G}_p = \mathcal{C} + \Sigma \mathcal{G}_i.$$

Soit x un élément de $\mathcal{R}$; on a $\mathcal{G}'x = \mathcal{G}' = \mathcal{C}x + \Sigma \mathcal{G}_i x = \mathcal{C} + \Sigma \mathcal{G}_i$. D'après la définition des idéaux mineurs, on a nécessairement $\mathcal{C}x = \mathcal{C}$, d'où $\Sigma \mathcal{G}_i x = \Sigma \mathcal{G}_i$; par conséquent, si $\mathcal{G}_k x = \mathcal{G}_l$, la correspondance $k \to l$ est une *permutation* des indices $1, 2, \ldots, p$.

Soient x, y, deux éléments de $\mathcal{R}$; supposons $\mathcal{G}_k x = \mathcal{G}_l$, $\mathcal{G}_l y = \mathcal{G}_m$, il en résulte $\mathcal{G}_x xy = \mathcal{G}_m$. Si à x et y correspondent les permutations $k \to l$ et $l \to m$, à xy correspond la permutation $k \to m$.

Il y a donc une application homomorphe des éléments de $\mathcal{R}$ dans l'ensemble des permutations des symboles $1, 2, \ldots, p$. Les éléments de $\mathcal{R}$ formant un sous-demi-groupe de $\mathcal{G}'$, l'ensemble des permutations sur lesquelles ils s'appliquent est un sous-demi-groupe du groupe des permutations de $1, 2, \ldots, p$, donc un *sous-groupe*.

Remarque. — Si $z \in \mathcal{C} - \mathcal{R}$, on a $\mathcal{G}'z \subseteq \mathcal{J}$; d'où, y étant un élément quelconque de $\mathcal{G}'$, on a $yz \in \Sigma \mathcal{G}_i$ par exemple $yz \in \mathcal{G}_k (k \in 1, 2, \ldots, p)$. Donc $\mathrm{D}yz = \mathcal{G}'z = \mathcal{G}_k$. En particulier $\mathcal{G}_i z = \mathcal{G}_k$ pour $i = 1, 2 \ldots p$. *A la multiplication par un élément de $\mathcal{C} - \mathcal{R}$ correspond l'application de tous les symboles* $1, 2 \ldots, p$ *sur un seul d'entre eux.*

2. Nous faisons l'hypothèse supplémentaire suivante : l'*idéal bilatère* $\mathcal{G}'\mathrm{D}$ *contient un seul idéal à droite mineur idempotent* $\mathcal{D}'$ ou, ce qui est équivalent : *$\mathcal{C}$ est un groupe.*

En effet, l'homorphisme de Rees, $\mathrm{D} \to \mathrm{D} \simeq \mathrm{D} - \mathcal{J} + \{0\}$ applique $\mathcal{G}'\mathrm{D}$ sur un idéal bilatère minimal de D contenant un idéal minimal à gauche et un idéal minimal à droite (images de $\mathcal{G}'$ et $\mathcal{D}'$) non nilpotents, donc ne contenant pas d'idéaux nilpotents [2]. La structure de cet idéal bilatère est donc connue [3], et, puisqu'il ne contient qu'un idéal minimal à droite, l'image de $\mathcal{G}'$ est un groupe, donc $\mathcal{C}$ est un groupe.

Tous les éléments de $\mathcal{C}$ respectent $\mathcal{G}'$ à droite; en effet, e étant l'élément-unité de $\mathcal{C}$, $x \in \mathcal{C} \to x = ex \in \mathcal{G}'x$, donc $\mathcal{G}'x \nsubseteq \mathcal{J}$. D'après la partie I, $\mathcal{C}$ s'applique homomorphiquement sur un groupe Γ de permutation des symboles $1, 2, \ldots, p$.

---

[2] Rich, *Amer. J. Math.*, 71, 1949, p. 883.
[3] A. H. Clifford, *Amer. J. Math.*, 71, 1949, p. 835.

Appelons X_i^k *l'ensemble* (*éventuellement vide*) *des éléments* x *de* $\mathcal{C}$ *tels que* $\mathcal{G}_i x = \mathcal{G}_k$; dans l'homomorphisme envisagé X_i^k s'applique sur l'ensemble Γ_i^k des permutations qui transforment i en k. Les propriétés des groupes de permutations [1] et celles de l'homomorphisme des groupes conduisent aux résultats suivants :

X_i^i s'applique sur l'ensemble Γ_i des permutations qui conservent i; cet ensemble est un sous-groupe de Γ; donc X_i^i *est un sous-groupe de* $\mathcal{C}$.

La relation $X_i^k \neq \emptyset$ entre $\mathcal{G}_i$ et $\mathcal{G}_k$ est équivalente à $\Gamma_i^k \neq \emptyset$, qui est l'*équivalence de transitivité* du groupe Γ; donc $X_i^k \neq \emptyset$ est une *relation d'équivalence, qui répartit les idéaux minimaux de* $\mathcal{G}'$ *en classes disjointes*.

i étant fixe et k variable, les Γ_i^k non vides sont les classes résiduelles de $\Gamma \bmod \Gamma_i^i$; les X_i^k *sont donc les classes résiduelles de* $\mathcal{C} \bmod X_i^k$.

i et k appartenant à une même classe de transitivité, Γ_i^i et Γ_k^k sont des sous-groupes conjugués de Γ; X_i^i et X_k^k *sont donc des sous-groupes conjugués* de $\mathcal{C}$.

Généralisation. — $\mathcal{G}'$ étant toujours un idéal à gauche mineur idempotent de D, supposons cette fois que l'*idéal bilatère* $\mathcal{G}'$D *contienne un nombre fini d'idéaux à droite mineurs idempotents*, et, de plus, que *tous les éléments de* $\mathcal{C}$ *respectent* $\mathcal{G}'$ *à droite*. L'homomorphisme de Rees montre alors que $\mathcal{C}$ est la réunion d'un nombre fini de groupes disjoints tous isomorphes entre eux. Posons $\mathcal{C} = \mathcal{C}_1 + \mathcal{C}_2 + \ldots + C_h$. $e_1, x_1, y_1, \ldots$ étant les éléments de $\mathcal{C}_1$, on sait qu'on peut leur faire correspondre, dans cet isomorphisme, $e_j, x_j, y_j, \ldots$ éléments de $\mathcal{C}_j$, définis par $x_j = e_j x_1$ ($e_1, e_2, \ldots, e_h$ idempotents); e_j est élément-unité à droite pour $\mathcal{G}'$, donc $\mathcal{G}_i x_j = \mathcal{G}_i e_j x_1 = \mathcal{G}_i x_1$.

Considérons maintenant le demi-groupe $\mathcal{C}_1 + \mathcal{G}_1 + \mathcal{G}_2 + \ldots + \mathcal{G}_p$; nous pouvons lui appliquer toute l'étude précédente, en particulier la partition des éléments de $\mathcal{C}_1$ en classes X_i^k. Cette partition peut être définie de la même façon quand $\mathcal{C}$ comprend plusieurs groupes et l'égalité $\mathcal{G}_i x_j = \mathcal{G}_i x_1$ conduit au résultat suivant :

Les éléments x_1 *et* $x_j = e_j x_1$, *pour toute valeur de* j, *appartiennent à la même classe* X_i^k *de la partition définie au début de la partie* II, *quels que soient les indices* i *et* k.

ANALYSE MATHÉMATIQUE. — *Sur une transformation généralisée de série en série.* Note de M. **Michaël Maschler**, présentée par M. Paul Montel.

Une des méthodes qui attribuent une « somme » à une série infinie

(I) $$u_0 + u_1 + u_2 + \ldots$$

se sert de la transformation linéaire de série en série. On dit que (I) a pour « somme A » $t = \Sigma_n \Sigma_k a_{n,k} u_k$ ($n, k = 0, 1, 2, \ldots$), où $\|a_{n,k}\| \equiv A$ est une

(1) P. Dubreil, *Algèbre*, chap. III, § 6.

matrice infinie, à condition que la série de séries converge. Le but de cette Note est de donner une généralisation de cette méthode à l'aide d'une sommation « $(s+1)$-uple ».

Définition 1. — Soit $A \equiv \|a_{n_0, n_1, \ldots, n_s}\|$ une matrice infinie à $s+1$ « dimensions » $(s \geqq 1)$. On appelle

$$\text{(II)} \qquad t = \Sigma_{n_0, n_1, \ldots, n_s} a_{n_0, n_1, \ldots, n_s} u_{n_s} \qquad (n_0, n_1, \ldots, n_s = 0, 1, 2, \ldots)$$

la « somme A » de (I), à condition que (II) converge.

Définition 2. — La matrice A s'appelle « *matrice conservative* » si t existe chaque fois que (I) converge.

Définition 3. — A s'appelle une « *matrice régulière* » si t existe et est égale à la somme de (I) chaque fois que (I) converge.

THÉORÈME 1. — *Une condition nécessaire et suffisante pour que* A *soit une matrice conservative est que, pour tout* $n_s = 0, 1, 2 \ldots$, *il existe des nombres complexes finis* α_{n_s}; *et pour tout* $l = 1, 2, 3, \ldots, s$, *il existe des nombres positifs* N_{s-l} *tels que*

$$\text{(1)} \quad \Sigma_{n_0, n_1, \ldots, n_{s-1}} a_{n_0, n_1, \ldots, n_s} = \alpha_{n_s} \qquad (n_0, n_1, \ldots, n_{s-1} = 0, 1, 2, \ldots; n_s = 0, 1, 2, \ldots).$$

$$\text{(2) à } (s+1) \left\{ \begin{array}{l} \Sigma_{n_s} | \Sigma_j \Sigma_{n_{s-l+1}, n_{s-l+2}, \ldots, n_{s-1}} \\ \qquad \times (a_{n_0, \ldots, n_{s-l-1}, j, n_{s-l+1}, \ldots, n_{s-1}, n_s} - a_{n_0, \ldots, n_{s-l-1}, j, n_{s-l+1}, \ldots, n_{s-1}, n_s+1}) \\ \qquad\qquad < N_{s-l} < \infty \\ (n_s, n_{s-l+1}, n_{s-l+2}, \ldots, n_{s-1} = 0, 1, 2, \ldots; j = 0, 1, 2, \ldots, n_{s-l}); \end{array} \right.$$

pour $l = 1, 2, 3, \ldots, s$; $n_{s-l} = 0, 1, 2, \ldots,$

$$N_{s-l} = N_{s-l}(n_0, n_1, \ldots, n_{s-l-1}),$$

mais les N_{s-l} *ne dépendent pas de* n_{s-l}. *Si* σ *est la somme de* (I), *on obtient aussi*

$$(\mathfrak{A}) \left\{ \begin{array}{l} t = \alpha_0 \sigma + (\alpha_0 - \alpha_1)(\sigma_0 - \sigma) + (\alpha_1 - \alpha_2)(\sigma_1 - \sigma) + (\alpha_2 - \alpha_3)(\sigma_2 - \sigma) + \ldots, \\ \sigma_n = u_0 + u_1 + \ldots + u_n \qquad (n = 0, 1, 2, \ldots). \end{array} \right.$$

THÉORÈME 2. — *Une condition nécessaire et suffisante pour que* A *soit une matrice régulière est que les relations* (1) *à* $(s+1)$ *du théorème* 1 *soient vérifiées ainsi que la relation* $(s+2)$: $\alpha_0 = \alpha_1 = \alpha_2 = \ldots = 1$.

Le théorème 1 se démontre par induction. Pour $s = 1$, la démonstration utilise un théorème similaire correspondant à une transformation linéaire d'une série en une suite [1]. Le théorème supposé vrai pour s, considérons la série

$$\Sigma_{n, n_0, \ldots, n_s} a_{n, n_0, \ldots, n_s} u_{n_s} \qquad (n, n_0, \ldots, n_s = 0, 1, 2, \ldots).$$

Pour que cette série converge chaque fois que (I) converge vers $\sigma (\neq \infty)$, il faut et il suffit que

$$(a) \qquad \Sigma_{n_0, n_1, \ldots, n_s} a_{n, n_0, \ldots, n_s} u_{n_s} = t_n \quad (\neq \infty) \qquad (n = 0, 1, 2, \ldots),$$

$$(b) \qquad t_0 + t_1 + t_2 + \ldots = t \quad (\neq \infty),$$

---

[1] *Voir* P. VERMES, *Acta Scientiarum Mathematicarum*, 16, fasc. 1, Szeged, 15, III, 1951, 25.

chaque fois que (I) converge vers σ. Une condition nécessaire et suffisante pour (a) est

$$(1') \qquad \Sigma_{n_0, n_1, \ldots, n_{s-1}} a_{n, n_0, \ldots, n_s} = \alpha_{n, n_s} \quad (\neq \infty) \qquad (n = 0, 1, 2, \ldots; n_s = 0, 1, 2, \ldots),$$

ainsi que (2), (3), ..., $(s+1)$ du théorème 1, où l'on ajoute aux lettres a l'indice n comme premier indice; les bornes doivent exister aussi pour tout n (mais peuvent dépendre de n). Alors, pour chaque n,

$$t_n = \alpha_{n,0}\sigma + \alpha_{n,0} - \alpha_{n,1})(\sigma_0 - \sigma) + (\alpha_{n,1} - \alpha_{n,2})(\sigma_1 - \sigma) + (\alpha_{n,2} - \alpha_{n,3})(\sigma_2 - \sigma) + \ldots$$

Si (a) est vérifié, une condition nécessaire pour (b) est

$$(1'') \qquad \alpha_{0,0} + \alpha_{1,0} + \alpha_{2,0} + \ldots = \alpha_0 \quad (\neq \infty)$$

car on peut choisir $\sigma_n = \sigma (n = 0, 1, 2, \ldots)$. Ainsi, une condition nécessaire et suffisante pour (b) est $(1'')$ et que

$$(c) \qquad \Sigma_n \Sigma_{n_s} (\alpha_{n, n_s} - \alpha_{n, n_s+1})(\sigma_{n_s} - \sigma) \qquad (n, n_s = 0, 1, 2, \ldots)$$

soit convergent chaque fois que $\sigma_n - \sigma \to 0$.

Une condition nécessaire et suffisante pour (c) est

$$(s+2)' \quad \Sigma_{n_s} | \Sigma_j (\alpha_{j, n_s} - \alpha_{j, n_s+1}) | < N' < \infty \qquad (n_s = 0, 1, 2, \ldots; j = 0, 1, 2, \ldots, n)$$

pour chaque $n = 0, 1, 2, \ldots$. N′ ne dépend pas de n; et

$$(1''') \quad \begin{cases} (\alpha_{0, n_s} - \alpha_{0, n_s+1}) + (\alpha_{1, n_s} - \alpha_{1, n_s+1}) + (\alpha_{2, n_s} - \alpha_{2, n_s+1}) + \ldots = \gamma_{n_s} (\neq \infty) \qquad (n_s = 0, 1, 2, \ldots), \\ t = t_0 + t_1 + t_2 + \ldots = \alpha_0 \sigma + \gamma_0 (\sigma_0 - \sigma) + \gamma_1 (\sigma_1 - \sigma) + \gamma_2 (\sigma_2 - \sigma) + \ldots, \end{cases}$$

$(1')$ avec $(1'')$ avec $(1''')$ sont équivalents à (1) (pour le cas $s+1$), où $\gamma_{n_s} = \alpha_{n_s} - \alpha_{n_s+1}$. $(s+2)'$ avec $(1')$ donnent $(s+2)$ (cas $s+1$); et aussi $(s+2)$ avec $(1')$ donnent $(s+2)'$. Ainsi, (1), (2), ..., $(s+2)$ donnent une condition nécessaire et suffisante pour le cas $s+1$. Ainsi $(\mathcal{A})$ est démontré.

La démonstration du théorème 2 est très simple. Il est évident que la condition est suffisante, et la considération de certains cas particuliers de la série (I) montre qu'elle est aussi nécessaire.

ANALYSE MATHÉMATIQUE. — *Sur un problème extrémal relatif aux figures inscrites dans les figures convexes.* Note de M. **Constantin Radziszewski**, présentée par M. Paul Montel.

Nous appelons figure convexe tout ensemble fermé et borné de points qui ne possède en commun avec une droite quelconque qu'un segment de droite ou un seul point au plus.

Un rectangle est dit inscrit dans une figure convexe plane si tous ses sommets se trouvent sur la frontière de la figure convexe.

THÉORÈME 1 [1]. — *Dans toute figure convexe plane ayant des points intérieurs on peut inscrire un rectangle dont l'aire est au moins égale à la moitié de l'aire de la figure convexe.*

Soit R une figure convexe plane dans le plan de laquelle nous introduisons un système de coordonnées cartésiennes x, y d'origine O. Le sens positif de l'axe Ox forme avec une certaine direction fixe (l'axe l_0) un angle φ. La projection perpendiculaire de la figure convexe R sur l'axe Ox est un segment $a \leqq x \leqq b$. La droite $x = \bar{x}$, où $a \leqq \bar{x} \leqq b$, possède avec la figure convexe R des points communs, dont les ordonnées y satisfont aux inégalités

$$f_\varphi(\bar{x}) \leqq y \leqq g_\varphi(\bar{x}).$$

L'ensemble des points, dont les coordonnées satisfont aux inégalités $a \leqq x \leqq b$, $0 \leqq y \leqq g_\varphi(x) - f_\varphi(x)$, sera désigné par R($\varphi$, x). L'opération consistant à construire la figure convexe [2] R(φ, x) à partir de la figure convexe R sera dite déplacement de R vers l'axe Ox. En déplaçant R(φ, x) vers l'axe Oy nous obtenons une figure convexe que nous désignerons par R(φ, x, y). Les aires des figures convexes R, R(φ, x) et R(φ, x, y) sont égales, ce que nous écrivons $\{R\} = \{R(\varphi, x)\} = \{R(\varphi, x, y)\}$.

On peut démontrer qu'il existe un rectangle OACB, et un seul, contenu dans la figure convexe R(φ, x, y), tel que trois de ses sommets soient situés sur les axes, que son aire M(φ) soit maximum; on a $M(\varphi) \geqq (1/2)\{R(\varphi, x, y)\}$.

Supposons que le sommet C du rectangle OACB soit un point de la frontière de R(φ, x, y) et n'appartienne à aucun des axes de coordonnées. Une droite parallèle à l'axe Ox, passant par le point C, coupe R(φ, x) suivant un segment FG, l'abscisse de F étant inférieure à celle de G. Désignons par D et E les projections orthogonales de ces points sur l'axe Ox. Il est évident que BC = FG, CA = DF, $\{DEGF\} = M(\varphi)$.

Une droite parallèle à l'axe Oy, passant par le point D, coupe la figure convexe R suivant un segment T_2U_1; une droite parallèle à l'axe Oy, passant par E, coupe R suivant un segment V_1W_2, les ordonnées de U_1 et W_2 étant supérieures à celles de T_2 et V_1 respectivement. Évidemment on a : $DF \leqq T_2U_1$ et $EG \leqq V_1W_2$. Prenons sur le segment T_2U_1 deux points T_1 et U_2 et sur le segment V_1W_2 deux points V_2 et W_1, tels que l'on ait

$$T_1U_1 = T_2U_2 = DF = V_1W_1 = V_2W_2.$$

Évidemment, $\{T_1V_1W_1U_1\} = \{T_2V_2W_2U_2\} = M(\varphi)$.

Comme sens de parcours positif sur les parallélogrammes $T_1V_1W_1U_1$

---

[1] Dans le cas où la figure convexe plane possède un centre de symétrie et où sa frontière ne contient aucun segment de droite, le théorème 1 a été démontré d'une façon différente par M. Biernacki.

[2] BONNESEN et FENCHEL, *Theorie der konvexen Körper*, p. 71.

et $T_2V_2W_2U_2$ nous prenons le sens $V_1 \rightarrow W_1$, et respectivement $V_2 \rightarrow W_2$. Nous désignerons par $\theta(\varphi)$ l'angle convexe (c'est-à-dire $< \pi$) positif que forme le côté orienté V_1W_1 avec le côté orienté W_1U_1 : $\theta(\varphi) = \sphericalangle(\overrightarrow{V_1W_1}, \overrightarrow{W_1U_1})$. De même, soit $\omega(\varphi) = \sphericalangle(\overrightarrow{V_2W_2}, \overrightarrow{W_2U_2})$. La construction montre que l'on a $\theta(\varphi) \leq \omega(\varphi)$.

On peut démontrer facilement que $\theta(\varphi)$ est une fonction semi-continue inférieurement, $\omega(\varphi)$ une fonction semi-continue supérieurement et $M(\varphi)$ une fonction continue du paramètre φ.

Choisissons maintenant dans le plan de la figure convexe R une direction l_0 telle que l'on ait $M(0) = \max M(\varphi)$.

Nous distinguerons trois cas :

(I) $$\theta(0) \leq \frac{\pi}{2} \leq \omega(0).$$

La validité du théorème 1 est évidente.

(II) $$\theta(0) \leq \omega(0) < \frac{\pi}{2}.$$

Posons $\varphi_0 = \omega(0)$. On voit facilement qu'on a $\omega(\varphi_0) \geq \pi - \omega(0) > \pi/2$. Il en résulte qu'il existe (³) une valeur $\bar{\varphi}$ telle que $\theta(\bar{\varphi}) \leq \pi/2 \leq \omega(\bar{\varphi})$; ainsi le second cas se trouve ramené au premier.

(III) $$\frac{\pi}{2} < \theta(0) \leq \omega(0).$$

Prenons $\varphi_0 = \theta(0)$. Nous avons $\theta(\varphi_0) \leq \pi - \theta(0) < \pi/2$ et, de même que plus haut, le troisième cas est ramené au premier.

On peut démontrer d'une façon analogue le

THÉORÈME 2. — *Dans toute figure convexe de l'espace à trois dimensions, ayant des points intérieurs et un plan de symétrie, on peut inscrire un parallélépipède rectangle de volume au moins égal à 1/9 du volume de la figure convexe.*

ANALYSE MATHÉMATIQUE. — *Sommes de Féjer et moyennes de Césaro pour les développements d'une fonction en série de polynomes orthogonaux usuels.* Note (*) de M. **Robert Campbell**, présentée par M. Joseph Pérès.

On sait qu'étant donné une suite de polynomes $P_n(x)$ orthogonaux et normés dans l'intervalle (a, b), trois $P_n(x)$ successifs de la suite sont liés par

(³) Ici nous utilisons un théorème qui m'a été communiqué par M. A. Bielecki : *Si $f(x)$ est une fonction semi-continue inférieurement et $g(x)$ une fonction semi-continue supérieurement, $f(x) \leq g(x)$ et $\inf f(x) \leq \mu \leq \sup g(x)$ dans $[a, b]$, alors il existe un nombre ξ tel que $a \leq \xi \leq b$ et $f(\xi) \leq \mu \leq g(\xi)$.*

(*) Séance du 6 octobre 1952.

la relation de récurrence

(1) $$P_n(x) = (A_n x + B_n) P_{n-1}(x) - C_n P_{n-2}(x) \qquad \left(A_n > 0,\ C_n = \frac{A_n}{A_{n-1}}\right) \quad (^1).$$

Si $\Sigma a_n P_n(x)$ est le développement en série d'une fonction $f(x)$ suivant ces polynomes, la somme partielle d'ordre n de cette série est donnée, sous forme explicite, en terme finis, par la formule dite de Darboux-Christoffel (*ibid.* p. 42).

(2) $$S_n(x) = \frac{1}{A_{n+1}} \int_a^b \frac{P_{n+1}(x) P_n(t) - P_{n+1}(t) P_n(x)}{x - t} f(t)\, dt.$$

La présente Note se propose de montrer que l'on peut obtenir des formules explicites analogues :

a. Pour les sommes de Fejer de cette série, dans le cas de certaines classes de polynomes orthogonaux (comprenant ceux de Laguerre et de Hermite);

b. Pour des sommes analogues à celles de Féjer, mais plus générales, dans le cas de classes plus vastes de polynomes orthogonaux (comprenant ceux de Legendre, de Tchebychef et de Gegenbauer).

La formule (2) fournit la somme de Féjer d'ordre n sous l'une des deux formes

(3) $$\left\{\begin{aligned} &-\frac{1}{A_{n+1}} P_n(x) P_{n+1}(t) + \sum_{r=0}^{\infty} P_r(t) \left[\frac{P_{r+1}(x)}{A_{r+1}} - \frac{P_{r-1}(x)}{A_r}\right] + \frac{1}{A_1} P_1(x) P_0(t), \\ &+\frac{1}{A_{n+1}} P_n(t)\ P_{n+1}(x) + \sum_{r=0}^{\infty} P_r(x) \left[\frac{P_{r+1}(t)}{A_{r+1}} - \frac{P_{r-1}(t)}{A_r}\right] - \frac{1}{A_1} P_1(t)\ P_0(x). \end{aligned}\right.$$

En général, les deux sommations $\sum\limits_{r=0}^{r=n}$ précédentes ne s'effectuent pas. Mais si l'on suppose que $P_n(x)$ s'exprime linéairement en fonction de $P_{n-1}(x)$ et des dérivées successives de P_{n-1}, par une formule telle que

$$P_n(x) = \sum_{k=0}^{p} g_k(x, n) \frac{d^k}{dx^k} [P_{n-1}(x)],$$

alors il existe des cas où les coefficients $g_k(x, n)$ permettent de donner une expression simple de ces sommes.

Pour la clarté de l'exposé, on se limitera à $k = 1$ et l'on supposera que

(4) $$P_n(x) = f_n(x) P_{n-1}(x) - g_n(x) P'_{n-1}(x)$$

(relation à laquelle satisfont *tous* les polynomes usuels). L'une des sommes $\sum\limits_{r=0}^{n}$ de (3) s'écrit alors

(5) $$\sum_{r=0}^{r=n} P_r(t) [U_r(x) P_r(x) - V_r(x) P'_r(x)].$$

(1) *Cf.* Szegö, *Orthogonal Polynomials*, p. 41.

où

$$U_r(x) = \frac{(2f_{r+1}(x) - A_{r+1}x - B_{r+1})}{A_{r+1}} \quad \text{et} \quad V_r(x) = \frac{2g_{r+1}}{A_{r+1}}.$$

La somme $\sum_{r=0}^{n} P_r(t) P_r(x)$ est donnée par la formule (2). Pour avoir la somme $\sum_{0}^{n} P_r(t) P'_r(x)$, on associe à la formule (1) en t la formule dérivée écrite avec la variable (x),

$$(1) \qquad (A_{r+1}t + B_{r+1}) P_r(t) = P_{r+1}(t) + \frac{A_{r+1}}{A_r}(t),$$

$$(1') \qquad (A_{r+1}x + A_{r+1}) P'_r(x) = P'_{r+1}(x) + \frac{A_{r+1}}{A_r} P'_{r-1}(x) - A_{r+1} P_r(x).$$

La combinaison linéaire (1) $P'_r(x)$ — (1') $P_r(t)$ permet d'écrire

$$(6) \qquad [P_r(t) P'_r(x)](t - x) = \Delta_{r+1}(x, t) - \Delta_r(x, t),$$

avec

$$\Delta_r(x, t) = \frac{1}{A_r}[P_{r-1}(t) P'_r(x) - P'_{r-1}(t) P_r(x)],$$

et (6) permet le calcul de $\sum_{r=0}^{n} P_r(t) P'_r(x)$.

Le calcul de la somme (5) est alors immédiat. On en déduit la somme de Féjer qui est la demi-somme des expressions (3), à condition que les coefficients $U_r(x)$ et $V_r(x)$ soient indépendants de r. Cette condition définit une famille de polynomes orthogonaux comprenant en particulier ceux de Laguerre et de Hermite. On déduit de ce calcul la moyenne (C, 1) de la série. La moyenne (C, k) de Césaro s'obtient de manière analogue grâce au calcul des sommes

$$\sum_{0}^{n} P_r(x) \frac{d^h P_r(t)}{dt^h} \qquad (h \leq k),$$

qu'on obtient elles-mêmes par le même procédé que si $h = 1$, mais en dérivant h fois la formule (1).

Si les coefficients $U_r(x)$ et $V_r(x)$ ne sont pas indépendants de r mais sont de la forme

$$U_r(x) = \alpha_r U(x) \quad \text{et} \quad V_r(x) = \alpha_r V(x),$$

le calcul précédent fournit non pas exactement une moyenne de Césaro, mais une moyenne analogue

$$m_n = [\Sigma_0^n(\alpha_r S_r)]/[\Sigma_0^n(\alpha_r)]$$

utilisable pour étudier la sommabilité de la série. Tel est le cas des séries de polynomes de Tchebychef, de Legendre et d'une façon générale de tous les

polynomes ultrasphériques; ce n'est, par contre, pas le cas des séries de polynomes les plus généraux de Jacobi.

La détermination de la famille la plus générale des polynomes orthogonaux dont on peut ainsi calculer les moyennes m_n fera l'objet d'une prochaine Note.

TOPOLOGIE. — *Variétés symplectiques, variétés presque-complexes et systèmes dynamiques.* Note (*) de M. **Georges Reeb**, transmise par M. Joseph Pérès.

Définition des S. D. (variétés V_{2n+1} admettant une forme différentielle extérieure de degré 2 et de rang maximum). Relations avec les variétés presque-complexes. Problème de l'existence d'une structure de S. D. sur une variété donnée.

Les variétés, fonctions, formes différentielles, considérées sont indéfiniment différentiables. Les lettres V, W, ... désignent des variétés; les dimensions sont indiquées en indice; les lettres n, m, ... désignent des entiers positifs. L'espace numérique à n dimensions est noté R^n.

L'étude des variétés analytiques complexes a suggéré les notions de variété symplectique (V. S.) et de variété presque-complexe (V. P. C.) (1). Dans cette Note on se propose d'étudier les relations de ces deux structures avec la structure de système dynamique (S. D.) qui intervient en mécanique analytique. Rappelons la définition des V. S. et des V. P. C. (sous une forme adaptée à notre but.

Définition 1. — *Une* V. P. C. *est le couple* (V_{2n}, Ω) *d'une variété* V_{2n} *et d'une forme différentielle extérieure* Ω *de degré* 2 *définie sur* V_{2n} *et de rang* $2n$ (2). *Une* V. S. *est une* V. P. C. *vérifiant la condition supplémentaire* $d\Omega = 0$.

Rappelons que la condition $[\Omega]^n \neq 0$ en tout point de V_{2n}, est équivalente à la condition : Ω est de rang $2n$.

Définition 2. — *On appelle* S. D. *le couple* $(V_{2n+1}, \wedge)$, *d'une variété* V_{2n+1} *et d'une forme différentielle extérieure* $\wedge$, *de degré* 2 *et de rang* $2n$, *définie sur* V_{2n+1}. *Un* S. D. *vérifiant la condition supplémentaire* $d\wedge = 0$ *est appelé un* S. D. I.

La définition 2 se justifie ainsi (3) : un système mécanique vérifiant les hypothèses des équations de Lagrange conduit à la considération d'un

(*) Séance du 6 octobre 1952.

(1) Ch. Ehresmann, *Sur la théorie des espaces fibrés* (Colloque de topologie algébrique, Paris, 1947); Wu-Wen-Tsun et G. Reeb, *Sur les espaces fibrés et les variétés feuilletées*, Paris, Hermann, 1952.

(2) En fait il faudrait dire : au couple (V_{2n}, Ω) on peut associer au moins une structure de V. P. C. et réciproquement.

(3) G. Reeb, *Comptes rendus*, **229**, 1949, p. 969-971; *Canadian J. math.*, **3**, 1951, p. 339-362.

S. D. $(V_{2n+1}, \wedge)$ où V_{2n+1} est l'espace phases-temps et $\wedge$ la relation intégrale d'invariance de Lichnerowicz ([4]). Si $d\wedge = 0$, la forme $\wedge$ est l'invariant intégral absolu d'Élie Cartan. Soit E_1 un champ de vecteurs dont le produit intérieur $i(E_1).\wedge$, avec $\wedge$, est nul; le champ de directions défini par E_1 est appelé le champ associé à $\wedge$.

Les propriétés suivantes sont bien connues et à peu près évidentes :

a. L'espace R^{2n}, *et plus généralement l'espace* V_{2n} *des vecteurs covariants tangents à une variété* V_n, *peut être muni d'une structure de* V. S. [En effet, soit (x^i) un système de coordonnées locales dans V_n et soient (u_i) les composantes d'un vecteur covariant quelconque attaché au point (x^i); le système (x^i, u_i) est un système de coordonnées locales dans V_{2n}. On pose $\wedge = \Sigma_i [du_i dx^i]$; il est clair que $\wedge$ est indépendant des coordonnées locales choisies ([5]).]

b. Soit $f : W_{2n} \to V_{2n+1}$ *une application de rang* $2n$ *de* W_{2n} *dans le* S. D. $(V_{2n+1}, \wedge)$; *supposons de plus que* $f(W_{2n})$ *soit transversal* ([5]), ([6]) *au champ* E *associé à* $\wedge$. *Dans ces conditions* $(W_{2n}, f^*(\wedge))$ *est une* V. P. C. *Si en outre* $d\wedge = 0$, *ce système est une* V. S.

c. Soit $f : W_{2n-1} \to V_{2n}$ *une application régulière (c'est-à-dire de rang* $2n-1$) *de* W_{2n-1} *dans la* V. P. C. (V_{2n}, Ω). *Le système* $(W_{2n-1}, f^*(\Omega))$ *est un* S. D. *Si en outre* $d\Omega = 0$, *ce système est un* S. D. I.

Le problème de l'existence d'une structure de S. D. sur une variété donnée est un problème d'existence d'une section d'un espace fibré. Faisons simplement les remarques suivantes :

Il résulte de (c) que toute variété W_{2n-1} *qui peut être plongée régulièrement dans* R^{2n} *(ou plus généralement dans une* V. P. C. *à* $2n$ *dimensions) admet une structure de* S. D.

Soit V_{2n} une variété compacte et soit S le cercle. Les deux propositions suivantes sont équivalentes :

V_{2n} *admet une structure de* V. P. C.;

$V_{2n} \times S$ *admet une structure de* S. D. *dont le champ associé est homotope au champ tangent aux fibres* $S \times \{x\} (x \in V_{2n})$.

Un champ de directions E défini sur R^{2n+1} est le champ associé à une certaine structure de S. D. sur R^{2n+1} (car E est homotope à un champ de directions parallèles). Soit $f : V_{2n} \to R^{2n+1}$ une application régulière telle que $f(V_{2n})$ soit transversal à E; dans ces conditions V_{2n} peut être muni d'une structure

---

([4]) A. Lichnerowicz, *Bull. sc. math.*, **70**, 1946. M. Gallissot a également proposé une définition analogue des S. D.; cf. *Comptes rendus*, **234**, 1952, p. 2148; *Annales de l'Institut Fourier*, 3, 1952, p. 277-285; 77e *Congrès des Sociétés savantes* (à paraître).

([5]) G. Reeb, *J. r. ang. math.*, **189**, 1951, p. 186-189.

([6]) *Cf.* ([3]) et *Comptes rendus*, **232**, 1951, p. 1279-1280.

de V. P. C. Compte tenu des propriétés classiques de la *curvatura integra* [7], on peut énoncer :

THÉORÈME. — *Une condition suffisante pour qu'il existe une structure de* V. P. C. *sur une variété compacte* V_{2n}, *dont la caractéristique d'Euler-Poincaré est nulle, est qu'il existe une application régulière de* V_{2n} *dans* R^{2n+1}.

TOPOLOGIE ALGÉBRIQUE. — *Anneau différentiel à filtration réelle.* Note de M. **René Deheuvels**, présentée par M. Paul Montel.

Les filtrations définies ci-dessous diffèrent de celles qui sont utilisées par M. J. Leray dans la théorie des espaces fibrés. La théorie de cohomologie filtrée obtenue est multiplicative, et invariante lorsque l'on remplace la filtration par une fonction continue strictement croissante de la filtration. Elle est ainsi applicable au Calcul des Variations et généralise la « rank theory » de M. M. Morse.

1. Une filtration réelle d'un anneau $\mathfrak{A}$ est une application f de $\mathfrak{A}$ dans l'ensemble $R' = R \cup \infty$, des nombres réels R auxquels on a ajouté un dernier élément : ∞, vérifiant les conditions :

1° $f(0) = \infty$;
2° si $a, b \in \mathfrak{A}$, $f(a-b) \geqq \mathrm{Min}[f(a), f(b)]$;
3° $f(ab) \geqq \mathrm{Max}[f(a), f(b)]$.

Nous supposerons toujours f séparée : si $f(a) = \infty$, $a = 0$.

Un opérateur ω de $\mathfrak{A}$ est dit permis pour f si $f(\omega a) \geqq f(a)$.

Si $F(x)$ est une fonction croissante de R dans R, complétée par $F(\infty) = \infty$, $F \circ f$ est encore une filtration, séparée si f l'est.

$\mathfrak{A}^p$ désignant les $a \in \mathfrak{A}$, de filtration $> p$, on pose $\mathfrak{A}^{p-0} = \bigcap_{\varepsilon > 0} \mathfrak{A}^{p-\varepsilon}$. L'anneau composé : $\mathcal{G}\mathfrak{A} = \sum_p \mathfrak{A}^{p-0}/\mathfrak{A}^p$ est dit associé à $\mathfrak{A}$.

Si $\mathfrak{A}$ est un anneau différentiel filtré, δ la différentielle et α l'automorphisme qui définissent la différentiation, nous supposerons : $f(\delta a) \geqq f(a)$, $f(\alpha a) = f(a)$; $\mathcal{C}$ et $\mathcal{B}$ désignent les cycles et les bords de $\mathfrak{A}$, $\mathcal{C}^q_s$ l'anneau des éléments a tels que $f(a) > q$, $f(\delta a) > s$, et $\mathcal{B}^s_q = \delta \mathcal{C}^q_s$.

2. $\{4\}$ désignant l'ensemble ordonné 1, 2, 3, 4, soit V le lattice $R'^{\{4\}}$ des quadruples $v = (v_1 v_2 v_3 v_4)$, $v_1 \leqq v_2 \leqq v_3 \leqq v_4$, d'éléments de R', ordonné par $v \leqq v'$ si $v_i \leqq v'_i$ $(i = 1, 2, 3, 4)$; v_i est la $i^{\text{ième}}$ coordonnée de v. Les anneaux suivants, définis sur V, pris comme ensemble d'indices, seront appelés les quotients d'homologie $Q(v)$ de $\mathfrak{A}$: si $v = (pqrs)$,

$$E(v) = E(pqrs) = \mathcal{C}^q_s/(\mathcal{C}^r_s + \mathcal{B}^q_p), \qquad D(v) = D(pqrs) = \mathcal{B}^r_p/(\mathcal{B}^s_p + \mathcal{B}^r_q).$$

---

(7) Cf. *Math. Annalen*, 95, 1925, p. 340-367.

Ces anneaux sont reliés par des homomorphismes qu'induisent :

1° les relations d'inclusion;

2° la différentielle δ de $\mathfrak{A}$; les premiers seront désignés génériquement par r, les seconds par δ :

1° si $v \leqq v'$, on a $E(v) \overset{r}{\leftarrow} E(v')$, $D(v) \overset{r}{\leftarrow} D(v')$:

$$D(mpqr) \overset{r}{\rightarrow} E(pqrs) \text{ est un isomorphisme dans.}$$

2° soit Δ l'endomorphisme de V : $v = (pqrs) \overset{\Delta}{\rightarrow} \Delta v = (pqr\infty)$;

$$E(v) \overset{\delta}{\rightarrow} D(\Delta v) \text{ est un homomorphisme sur.}$$

Propriétés. — Le composé de plusieurs homomorphismes r et δ est nul s'il contient plus d'un homomorphisme δ.

Si $v \leqq v'$, et si v et v' ne diffèrent que par une seule coordonnée, l'homomorphisme de $Q(v')$ dans $Q(v)$ (Q représente E ou D), est ou un homomorphisme sur, ou un isomorphisme dans. Les suites exactes correspondantes s'écrivent uniquement avec des quotients d'homologie. Elles seront désignées par (ξ). Exemples :

$$(\xi) \qquad \begin{cases} 0 \rightarrow D(mpqr) \overset{r}{\rightarrow} E(pqrs) \overset{r}{\longrightarrow} E(mqrs) \rightarrow 0, \\ 0 \rightarrow E(pqrt) \overset{r}{\rightarrow} E(pqrs) \overset{r\circ\delta}{\longrightarrow} D(qrst) \rightarrow 0, \qquad \ldots \end{cases}$$

3. Soit R″ l'ensemble obtenu en ajoutant devant chaque élément $p \in R'$, un « précédent » $p - 0$, en convenant que, si $n < p$, $n < p - 0 < p$. R′ sera considéré comme plongé dans R″ dans l'inclusion $\alpha : R' \overset{\alpha}{\rightarrow} R''$; l'endomorphisme β : $\beta(p-0) = \beta(p) = p$, applique R″ sur R′. Une topologie gauche $\mathfrak{T}_g$ est définie sur R″ par les systèmes fondamentaux de voisinages suivants :

si $p \in R'$: le point p; pour $p - 0 \in R'' - R'$: les intervalles $p - \varepsilon < x \leqq p - 0$.

Soit W le lattice $R''^{(4)}$; α et β déterminent : l'inclusion $V \overset{\alpha}{\rightarrow} W$; des endomorphismes $\beta_j (j = 1, 2, 3, 4)$:

si $w = (w_i)$, $\beta_j w$ a pour coordonnées : $(\beta_j w)_i = w_i$ si $j \neq i$, $(\beta_j w)_j = \beta w_j \in R'$.

Le composé $\beta = \beta_1 \circ \beta_2 \circ \beta_3 \circ \beta_4$, indépendant de l'ordre des β_j applique W sur V.

On détermine sur W en le considérant comme sous-ensemble du produit R'^4 une topologie désignée également par $\mathfrak{T}_g$.

Nous allons étendre la définition des quotients d'homologie à l'ensemble d'indices W de la façon suivante :

$Q(w) =$ limite du système inverse d'anneaux $Q(v)$, lorsque $v \overset{g}{\rightarrow} w$ ($v \in V$, a pour limite w dans $\mathfrak{T}_g$).

Les quotients d'homologie sur W sont reliés par des homomorphismes de type r et δ obtenus par passage à la limite; mais une limite d'homomorphismes sur n'est en général qu'un homomorphisme dans : les suites exactes (ξ) subsistent sans leurs derniers membres : $\rightarrow 0$.

4. Un anneau $Q(w)$ sera dit *critique* si l'homomorphisme $Q(w) \leftarrow Q(\beta w)$ n'est pas un isomorphisme sur. Si l'homomorphisme $Q(w) \leftarrow Q(\beta_j w)$ n'est pas un isomorphisme sur (il en sera ainsi pour au moins un des β_j si $Q(w)$ est critique), la $j^{\text{ième}}$ coordonnée $(\beta_j w)_j = \beta w_j$ de βw est dite *valeur critique* de la filtration.

w et $\beta_j w$ ne diffèrent que par la $j^{\text{ième}}$ coordonnée. $Q(w)$ et $Q(\beta_j w)$ déterminent donc une suite exacte du type (ξ), dont le troisième terme est un quotient d'homologie qui sera appelé *anneau dérivé* pour la valeur $(\beta_j w)_j = \beta w_j$.

Les anneaux dérivés pour une valeur r sont des trois types suivants : $E(w_1, r-0, r, w_4)$, $D(r-0, r, w_3, w_4)$, $D(w_1, w_2, r-0, r)$. Ce sont des anneaux critiques s'ils sont différents de zéro.

Une application continue strictement croissante F de R' sur R', induit un automorphisme du lattice W, permis pour les α et β. Les quotients d'homologie, les anneaux critiques et dérivés des filtrations f et $F.f$ forment donc des ensembles d'anneaux isomorphes par la correspondance : $(pqrs) \leftrightarrows (FpFqFrFs)$.

TOPOLOGIE ALGÉBRIQUE. — *Sur les anneaux spectraux de certaines classes d'applications*. II. *Fonctions numériques (continues)*. Note de M. **István Fáry**, présentée par M. Paul Montel.

La théorie de M. Leray peut être appliquée de deux façons différentes à *l'étude homologique des fonctions numériques* (théorie de M. Morse) (1). La première méthode est mentionnée dans un mémoire de M. Leray (cité dans la Note I) (2). Nous esquissons dans cette Note une seconde méthode, basée sur l'étude de l'anneau spectral de l'application continue $f : X \rightarrow R$, où f est une fonction continue, définie dans X.

1. f désigne dans cette Note une *fonction numérique, continue* définie dans l'espace X. *Nous envisageons f comme application* $f : X \rightarrow R$ (R est la droite). D'après la théorie de Leray, rappelée dans la Note I (2), nous attachons à cette application l'anneau spectral E_r. Nous aurons :

(1) $$E_r^{p,q} = 0, \quad \text{si } p \geqq 2 \quad \text{et} \quad E_r^{p,q} = E_2^{p,q}, \quad \text{si } r \geqq 2,$$

vu (1)-(3) dans la Note I. L'étude de E_r se réduit à celle de $\mathcal{B}$, $E_1 = L \circ \mathcal{B}$, $E_2 = H(E_1) = H(L \circ \mathcal{B})$ (Note I, nos 3, 4).

Dans ce qui suit, L désigne une couverture fine de la droite, qui a les propriétés suivantes : L est multiplicativement engendrée par les éléments de degré nul L^0 et par

(1) *Voir* de nombreux travaux de M. Morse et en particulier : 1. M. Morse, *Mém. Sc. Math.*, Paris, 1939 et 2. Seifert-Threlfall, *Variationsrechnung im Grossen*, Teubner, Berlin.

(2) Cette Note fait suite à la Note I, des *Comptes rendus*, 235, 1952, p. 686. Sauf mention expresse du contraire, nous conservons toutes les notations de la Note I.

leurs différentielles dL^0; $L^0(L^1)$ a un système de générateurs dont un élément a pour support un segment de R (un point de R) (*cf.*, par exemple, Leray, 1, p. 73, cité dans la Note I).

2. *Sur le faisceau* $\mathcal{B}$. — Désignons par $(f \leqq \alpha)$, etc. le sous-espace de X, constitué par les points x, tels que $f(x) \leqq \alpha$, etc.; $(f = \alpha)$ sera noté aussi par F_α. Envisageons le diagramme

$$\text{(2)} \qquad \left\{ \begin{array}{ccc} H(f \leqq \beta) & \longrightarrow & H(f \leqq \alpha) \\ & \nwarrow \quad \swarrow d & \\ & H(\alpha < f \leqq \beta) & \end{array} \right. \qquad (\alpha < \beta)$$

(homomorphismes : section, le cobord d et l'injection). La définition (7) de la Note I peut être formulée dans ce cas de plusieurs façons équivalentes : ξ est une *valeur ordinaire* de f, si, ou bien : 1° la section $H(\alpha \leqq f \leqq \beta) \to H(F_\eta)$ est un isomorphisme sur pour chaque η, $\alpha \leqq \eta \leqq \beta$, où $\alpha < \xi < \beta$; ou bien : 2° $H(f \leqq \eta)$ et $H(f \geqq \eta)$ ne varient pas quand η décrit un certain voisinage de ξ; ou bien 3° $H(\rho < f \leqq \sigma) = H(\rho \leqq f < \sigma) = 0$, si ρ, σ sont près de ξ. Si l'une de ces conditions n'est pas remplie, ξ est une *valeur critique* de f [Note I, définition (8)].

Nous supposerons dorénavant que f a les propriétés suivantes : *a*. ξ étant un nombre quelconque, les $(\alpha \leqq f \leqq \beta)$ constituent un système fondamental de voisinages de F_ξ, où $\alpha < \xi < \beta$; *b*. Les valeurs critiques forment un ensemble discret $\ldots < \gamma_j < \gamma_{j+1} < \ldots$ (3).

3. Considérons les sections suivantes :

$$\text{(3)} \qquad H(F_\alpha) \underset{\sigma_\alpha}{\longleftarrow} H(\alpha \leqq f \leqq \beta) \underset{\sigma_\beta}{\longrightarrow} H(F_\beta),$$

où

$$\text{(4)} \qquad \gamma_{j-1} < \alpha < \gamma = \gamma_j < \beta < \gamma_{j+1}.$$

Supposons que

$$\text{(5)} \qquad (\text{noyau de } \sigma_\alpha) \cap (\text{noyau de } \sigma_\beta) = 0.$$

Dans ces conditions, la variation du faisceau $\mathcal{B}$ au voisinage de la valeur critique γ peut être décrite à l'aide des anneaux et modules suivants :

$$\text{(6)} \qquad EH_\alpha(\gamma) = \sigma_\alpha(\text{noyau de } \sigma_\beta); \qquad TH_\alpha(\gamma) = \sigma_\alpha H(\alpha \leqq f \leqq \beta);$$

$$\text{(7)} \qquad IH_\alpha(\gamma) = H(F_\alpha)/TH_\alpha(\gamma) \qquad (\text{quotient de A-modules}).$$

Les anneaux (6) et les modules (7) sont déterminés à une isomorphie canonique près; nous utiliserons les notations abrégées $EH_- = EH_-(\gamma) = EH_\alpha(\gamma)$ $(\alpha - \gamma < 0)$, etc. Les éléments de degré p constituent $EH^p_\alpha(\gamma)$, etc.

---

(3) Ces restrictions sont imposées à f en raison d'applications ultérieures (*voir* les Notes suivantes).

Ces invariants mesurent la déviation de γ d'une valeur ordinaire et ils jouent en ce sens le même rôle que les « types groups » de la théorie de Morse; en même temps, ils sont en relation étroite avec les cycles évanouissants de Lefschetz.

Dans l'étude de la variation de $H(F_\eta)$, $H(f \leqq \eta)$ au voisinage d'une valeur critique γ on utilise (2) et les relations suivantes :

(8) $$H(\alpha \leqq f \leqq \beta) = EH_- + (TH_-/EH_-) + EH_+;$$

(9) $H(\alpha < f < \beta)$ contient un idéal $J = TH_-/EH_-$ et

$$H(\alpha < f < \beta)/J = IH_- + IH_+;$$

(10) $H(\alpha < f \leqq \beta)$ contient comme idéal IH_- et $H(\alpha < f \leqq \beta)/IH_- = EH_+$. Dans ces formules nous avons supposé que (5) a lieu, mais des relations analogues sont valables, si cette condition n'est pas remplie.

5. *Sur l'anneau spectral* E_r. — Un système de générateurs de l'anneau des d_1-cocycles de $E_1^0 = L^0 \circ \mathcal{B}$ s'obtient comme suit : donnons-nous un couple de valeurs critiques γ_j, γ_k. Supposons que α, β satisfont à (4), et λ, μ à des inégalités analogues avec γ_k. Envisageons un $h \in H(\alpha \leqq f \leqq \mu)$, tel que $F_\beta h \in EH_\beta(\gamma_j)$ et $F_\lambda h \in EH_\lambda(\gamma_k)$ ([4]), et formons le d_1-cocycle $l \circ h$, où $l \in L^0$ a pour support (α, μ) et dl le couple de nombres α, μ.

Tous les éléments de $E_1^1 = L^1 \circ \mathcal{B}$ sont d_1-cocycles. Il est facile de déterminer les d_1-cobords.

Théorème 1. — *Nous avons* $H^{1,q-1}(X) = \bigcap \{$ *noyau de* $H^q(X) \to H^q(F_\xi) \}$, *l'intersection étant prise sur toutes les valeurs* ξ *de* f. *En outre* $E_2^{0,q} = H^q(X)/H^{1,q-1}(X)$, $E_2^{1,q} = H^{1,q}(X)$ ([5]).

Théorème 2. — *Il existe un isomorphisme canonique dans*

$$E_2^{0,q} \to \Sigma \{ EH_-^q(\gamma) + EH_+^q(\gamma) \},$$

la somme directe étant prise sur toutes les valeurs critiques γ *de* f.

Posons $S_j = (f = \gamma_j)$, $F_j = (f = \beta)$, où β satisfait à (4).

Théorème 3. — *Le terme* $E_1 = L \circ \mathcal{B}$ *de l'anneau spectral de* f *contient un sous-anneau* $^*E_1$ *tel que* $^*E_1^0 \approx \Sigma H(S_j)$, $^*E_1^1 \approx \Sigma H(F_j)$, *et l'anneau de* d_1-*cocycles de* $^*E_1$ *divisé par l'idéal que constituent les* d_1-*cobords de* $^*E_1$ *donne* E_2.

6. La comparaison avec la théorie de Morse demande un assez long développement que nous donnerons dans un travail ultérieur. Attirons à présent l'attention sur les faits suivants : 1° Nous définissons les valeurs ordinaires et critiques autrement que M. Morse. 2° Un « type group » de Morse est remplacé ici par plusieurs modules (6), (7); 3° La présente méthode s'adapte bien à la théorie de Lefschetz; 4° Elle ne s'applique qu'aux *fonctions continues* définies dans un espace *localement compact*.

(4) Si F désigne une partie fermée d'un espace X, $h \in H(X)$, alors Fh désigne l'image de h par la section $H(X) \to H(F)$.

(5) Nous utilisons la notation introduite au n° 2, *a* de la Note I.

MATHÉMATIQUES APPLIQUÉES. — *Mise en équation des résultats d'expériences. Nouvelles formules d'utilisation.* Note (*) de M. **Louis A. Sackmann**, transmise par M. Joseph Pérès.

Principe de la mise en équation. — Nous avons exposé et critiqué dans une précédente Note [1] *l'avantage* de la recherche systématique de lois linéarisées, et *la nécessité* de baser la recherche des coefficients numériques de ces lois sur une analyse nouvelle plus approfondie.

Hypothèses et notations. — Soit un phénomène y fonction d'une variable x, ayant fait l'objet de n mesures distinctes pour des valeurs différentes de la variable, échelonnées dans un intervalle donné. On suppose que toutes les mesures ont été effectuées avec la même « précision » et possèdent le même « poids ». Soit ε_y la limite supérieure des erreurs δ_y commises sur y. L'ensemble de ces mesures m est donc résumé par les relations suivantes :

$$(1) \qquad m = (x_k - y_k)_{k=1}^{n}, \qquad \delta_y < \varepsilon_y.$$

Soient deux fonctions de transformation $X = \varphi(x)$, $Y = \psi(y)$, définissant dans le plan (XY) les mesures « transformées » M

$$(2) \qquad M = (X_k - Y_k)_{k=1}^{n};$$

si les fonctions φ et ψ sont convenablement choisies, les points M s'alignent sensiblement, aux erreurs d'expérience près, suivant une droite

$$(3) \qquad Y = AX + B,$$

ce qui fournit la forme de l'équation cherchée $y = f(x, A, B)$, dont il reste à calculer les coefficients numériques A et B.

Notion de poids fonctionnel des mesures. — Cherchons pour déterminer A et B, selon le principe de Legendre, le minimum de la somme des écarts quadratiques entre les ordonnées transformées Y_k et leurs valeurs théoriques $AX_k + B$.

Tandis que, par hypothèse, un même « poids » caractérise les mesures m, il n'en est plus de même pour les mesures transformées M : ces dernières voient en effet leurs écarts δY anamorphosés d'après la différentielle $\delta Y = (dY/dy)\,\delta y$, proportionnellement à la dérivée par rapport à y de la fonction Y.

Pour redresser cette distorsion fonctionnelle et reconstituer la distribution statistique *normale* des mesures M, un « poids fonctionnel » $p_k = 1/(dY/dy)$ doit

(*) Séance du 15 septembre 1952.

(1) *Comptes rendus*, 235, 1952, p. 689.

être attaché aux écarts quadratiques e_k^2. Leur somme s'écrira

(4) $$S = \sum_{k=1}^{n} p_k e_k^2 = \sum_{k=1}^{n} p_k [Y_k - (AX_k + B)]^2.$$

Le minimum de cette fonction de A et de B a lieu pour $(\partial S/\partial A) = (\partial S/\partial B) = 0$, ce qui conduit aux équations linéaires en A et en B

(5) $$\frac{1}{2}\frac{\partial S}{\partial A} = A\Sigma(p_k X_k^2) + B\Sigma(p_k X_k) - \Sigma(p_k X_k Y_k) = 0,$$

(6) $$\frac{1}{2}\frac{\partial S}{\partial B} = A\Sigma(p_k X_k) + B\Sigma(p_k) \quad - \Sigma(p_k Y_k) \quad = 0.$$

L'équation (6) donne

(7) $$B = \frac{\Sigma(p_k Y_k)}{\Sigma(p_k)} - A\frac{\Sigma(p_k X_k)}{\Sigma(p_k)} = \overline{Y} - A\overline{X}.$$

La droite cherchée $Y = AX + B$ *passe par un point* G *de coordonnées* $\overline{X}$, $\overline{Y}$ *qui se comporte comme le centre de gravité des poids* p_k *de coordonnées* X_k, Y_k.

Il en résulte que la courbe d'équation $y = f(x, A, B)$ *du plan* (z) *passera également par un point fixe* g_G *qui est le transformé de* G *en vertu des fonctions inverses de* $X = \varphi(x)$, $Y = \psi(y)$, *soit* $x = \Phi(X)$, $y = \Psi(Y)$; (*il va sans dire que* g_G *n'est pas le centre de gravité des points* m).

L'équation (5) donne enfin l'expression de A par substitution de B :

(8) $$A = \frac{\Sigma(p_k X_k Y_k) - \overline{X}\,\overline{Y}\,\Sigma(p_k)}{\Sigma(p_k X_k^2) - \overline{X}^2\,\Sigma(p_k)}.$$

Les équations (7) et (8) constituent les *formules générales d'utilisation* pour le dépouillement des résultats de mesure résumés par la relation (1).

Cas particulier. — Si $Y = \log y$ (cas fréquent des lois exponentielles, et des lois de puissance si en plus $X = \log x$), $p_k = 1/(dY/dy) = y$ donnera

(9) $$\overline{X} = \frac{\Sigma(y_k X_k)}{\Sigma(y_k)}, \quad \overline{Y} = \frac{\Sigma(y_k Y_k)}{\Sigma(y_k)}, \quad A = \frac{\Sigma(y_k X_k Y_k) - \overline{X}\,\overline{Y}\,\Sigma(y_k)}{\Sigma(y_k X_k^2) - \overline{X}^2\Sigma(y_k)}, \quad B = \overline{Y} - A\overline{X}.$$

Cas des lois quasi linéaires. — Enfin, si $y = f(x)$ est quasi linéaire, c'est-à-dire si $\Delta y/\Delta x$ est sensiblement constant, $Y = y$, $p_k = 1/(dY/dy) = 1$ donnera

(10) $$\overline{x} = \frac{\Sigma x_k}{n}, \quad \overline{y} = \frac{\Sigma y_k}{n}, \quad A = \frac{\Sigma(x_k y_k) - n\overline{x}\,\overline{y}}{\Sigma(x_k^2) - n\overline{x}^2}, \quad B = \overline{y} - A\overline{x}.$$

Conclusion. — L'utilisation pratique de ces formules, l'établissement des tableaux de calculs numériques, ainsi que des dépouillements-tests de lois empiriques, seront exposés dans un Mémoire spécial.

MÉCANIQUE DES FLUIDES. — *Sur l'utilisation d'un drain en amont d'un noyau imperméable dans une digue.* Note (*) de M. **Mladen Boreli**, présentée par M. Joseph Pérès.

Poursuivant nos études signalées dans une Note précédente ([1]) nous nous sommes préoccupé de l'intérêt pratique présenté par un drain à l'amont du noyau.

Dans le cas présent, l'étude est faite également dans la cuve à analogie électrique de l'Institut Polytechnique de Grenoble suivant les mêmes méthodes.

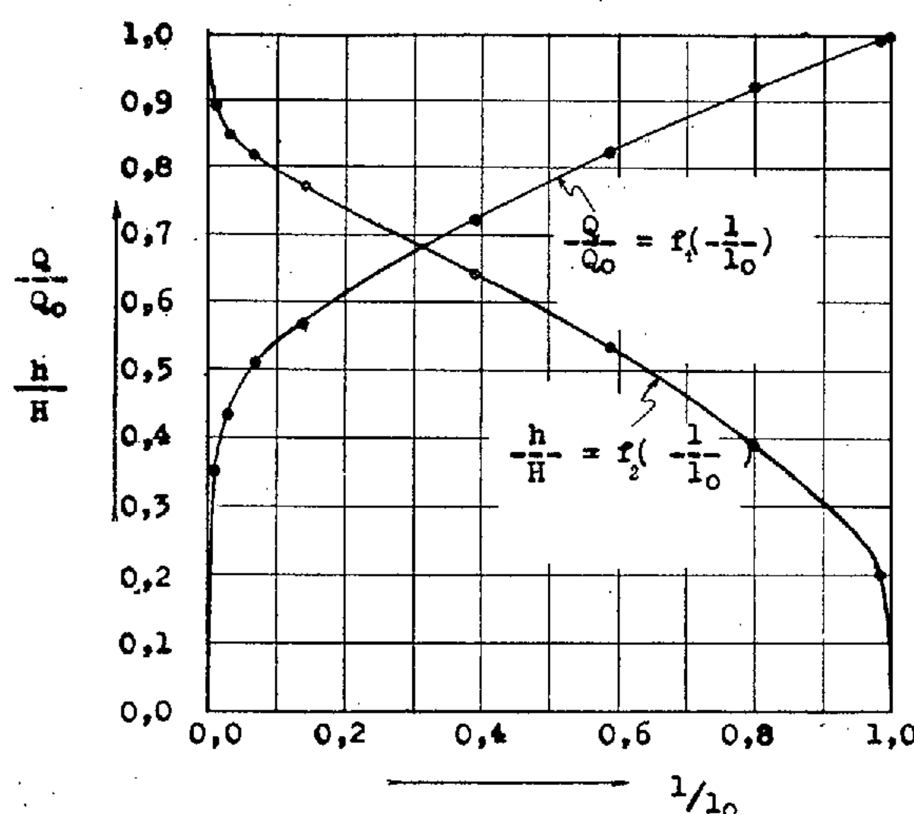
Les paramètres étudiés étaient les suivants :

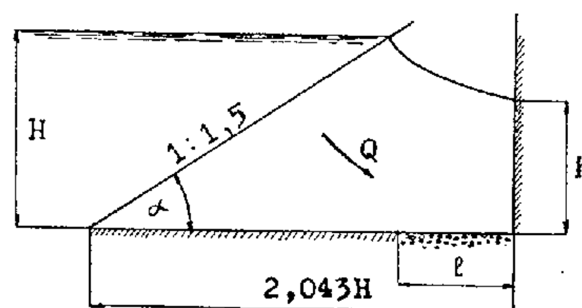
1° Longueur du drain — dont l'origine est fixée en permanence au noyau imperméable (l) que nous avons adopté comme paramètre indépendant.

2° Débit d'infiltration (Q).

3° La hauteur mouillée du noyau imperméable (h).

Le débit d'infiltration et la longueur du drain ont été représentés par leurs valeurs réduites obtenues en les divisant respectivement par Q_0 et l_0, qui correspondent au cas où la longueur du drain est choisie de telle manière que





Variation de la hauteur mouillée du noyau imperméable et du débit d'infiltration en fonction de la longueur du drain.

la surface libre atteint le point commun au drain et au noyau imperméable. Dans ce dernier cas l'équation $Q_0 = 2Kl_0$ (K, coefficient de Darcy) est satisfaite.

(*) Séance du 6 octobre 1952.

([1]) *Comptes rendus*, 235, 1952, p. 646.

La hauteur mouillée du noyau était rapportée à la profondeur d'eau H en amont de la digue.

Les principaux résultats sont consignés sur le diagramme de la figure. D'après ce diagramme, on voit que le débit reste assez grand (ici $Q_0 = 0,64$ KH) jusqu'à une longueur du drain très faible, la hauteur mouillée ayant toujours une valeur sensible. Il en résulte que cette disposition ne peut pas être employée pour un travail normal de la digue. Au contraire, l'allure des courbes Q/Q_0 et h/H montre l'intérêt pratique de l'emploi d'un drain de secours de faible longueur pour exécuter une réparation sur le noyau. Signalons, par exemple, que la hauteur mouillée réduite atteint une valeur de 0,80 pour

$$\frac{l}{l_0} = 0,1 \qquad (l = 0,032\,\mathrm{H}).$$

Le diagramme réalisé, en supposant une pression atmosphérique sur le drain, peut être employé aussi avec une bonne approximation pour un drainage forcé. On voit que, en doublant le débit du drain pour $l/l_0 = 0,1$, on peut faire en sorte que la surface libre n'atteigne pas le noyau imperméable, ce qui augmente l'intérêt pratique d'un drain de secours en amont du noyau imperméable.

AÉRODYNAMIQUE. — *Essai d'interprétation de quelques phénomènes observés dans l'écoulement supersonique autour d'un dièdre.* Note (*) de M. **Roger Depassel**, présentée par M. Joseph Pérès.

Une grandeur fréquemment mesurée dans l'écoulement supersonique autour d'un dièdre est la pression à la paroi de ce dièdre. Au cours d'études faites sur des profils losangiques à la soufflerie supersonique du Laboratoire d'Aérodynamique de l'Institut Polytechnique de Grenoble, il a été établi que cette pression était nettement différente de la pression théorique, principalement au voisinage du bord d'attaque du dièdre. Nous allons montrer que cette différence pourrait être due à la couche limite.

1. L'écoulement supersonique sur une plaque plane à incidence nulle est caractérisé théoriquement de la manière suivante : le bord d'attaque donne une onde de Mach et le coefficient de pression à la paroi de la plaque est nul (en négligeant la couche limite). Ceci se traduit par une droite $p = \text{const.}$ dans le diagramme pression-abscisse (*fig.* 1). En fait, il existe toujours une onde de choc au bord d'attaque et la pression mesurée à la paroi donne la courbe pointillée de la figure 1, obtenue pour un nombre de Mach 1,86. L'écart entre les deux courbes ne peut être dû à une interaction entre l'aiguille mesurant la pression et l'onde de choc, puisque cet écart existe très en aval de cette dernière. En outre, si la présence d'humidité dans l'air

---

(*) Séance du 29 septembre 1952.

peut influencer les mesures de pression, elle ne doit pas modifier l'allure qualitative du phénomène.

2. Le calcul de l'épaisseur de déplacement de la couche limite de la plaque (L = 100 mm), fait en utilisant la méthode Chapman [1] pour la répartition de la température à la paroi donnée par :

$$\frac{T_{w}^{*}}{T_{e}^{*}} = 1,25 - 0,83x^{*} + 0,33x^{*2},$$

fournit une loi représentée graphiquement par les courbes de la figure 2, pour les nombres de Mach 1,0; 1,8; 6,9. A 50 mm du bord d'attaque l'épaisseur de déplacement est 0,5 mm pour M = 1,8, ce qui paraît vraisemblable.

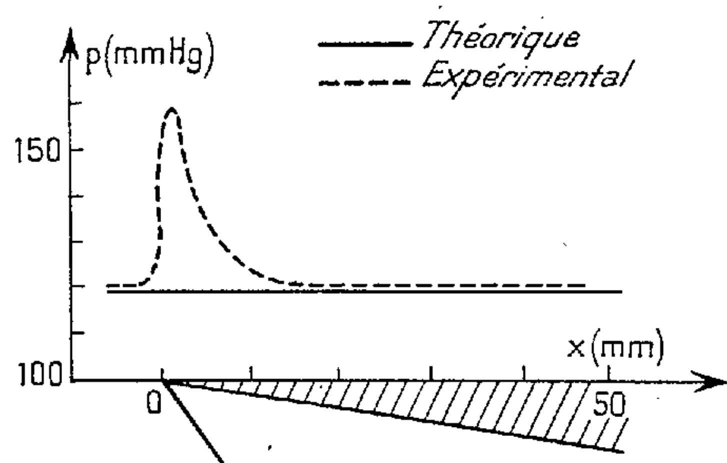


Fig. 1.

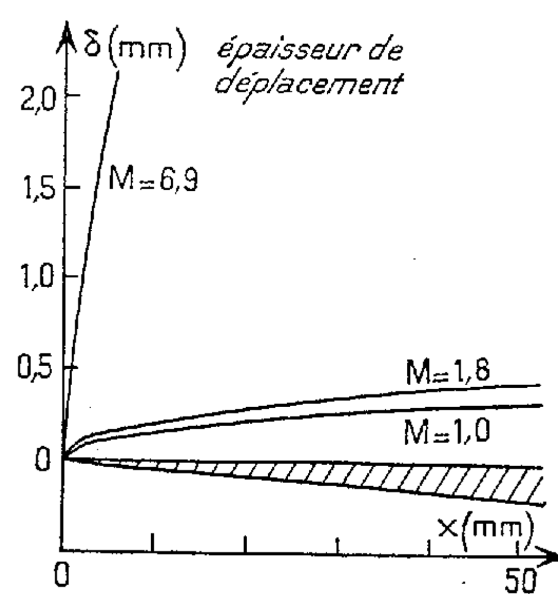


Fig. 2.

3. Il est possible de calculer la pression à la paroi sur un profil fictif constitué par la plaque, augmentée de la couche limite calculée ci-dessus. Le profil fictif est assimilé à un profil polygonal permettant l'application de l'approximation de Busemann ou d'Ackeret. Cette méthode est toutefois assez longue et peut avantageusement être remplacée par un procédé graphique basé sur la représentation de Laitone [2], de l'écoulement isentropique (*fig.* 3). L'accord entre le procédé graphique et le procédé par calcul est satisfaisant. La première sécante du profil polygonal, OA, donne une compression; les autres AB, BC... donnent des détentes (*fig.* 3). Le point de départ A, est arbitraire; toutefois l'écoulement après le choc étant supposé isentropique, la courbe de pression obtenue est indépendante de A.

On obtient ainsi la courbe pression-abscisse de la figure 4 qui se rapproche beaucoup plus de la courbe expérimentale que les considérations théoriques élémentaires.

---

(1) *J. Aeron. Sc.*, **16**, n° 9, 1949, p. 515-528.
(2) *J. Aeron. Sc.*, **14**, n° 1, 1947, p. 25-41.

4. La méthode de calcul que nous suggérons ne permet pas d'atteindre la pression maximum mesurée, car celle-ci résulte d'un phénomène plus complexe d'interaction choc-couche limite (pseudo-décollement au bord

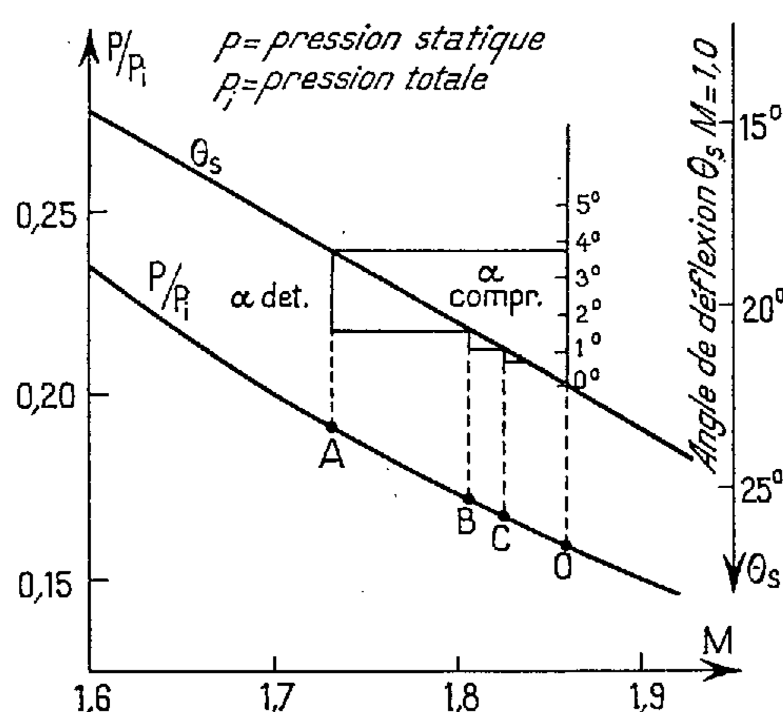


Fig. 3.

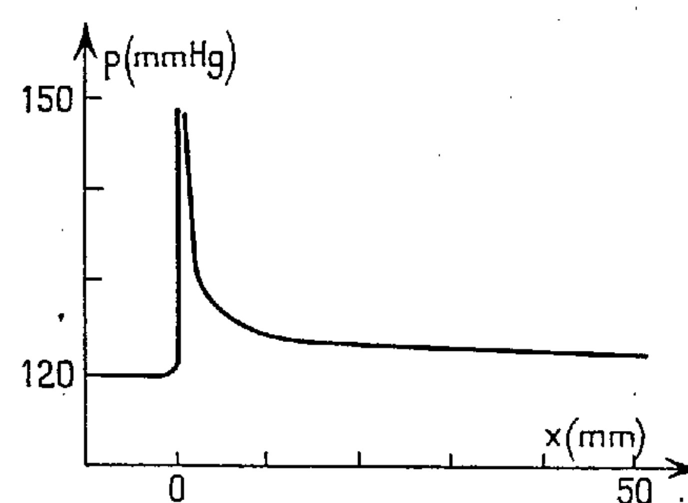


Fig. 4.

d'attaque). La présence du coin de couche limite peut expliquer l'existence d'une onde de choc à rayon de courbure fini au voisinage du bord d'attaque (nettement visible sur les clichés strioscopiques).

Cette étude permet de prévoir assez bien les pressions et les coefficients de pression à la paroi. Faite dans le cas de la plaque plane, elle peut être généralisée pour un profil quelconque.

Il en résulte d'autre part que l'influence de la couche limite sur l'écoulement supersonique déjà sensible au nombre de Mach 1,8, deviendrait prépondérante aux nombres de Mach élevés.

HYDRAULIQUE. — *Recherches expérimentales sur les intumescences dans les canaux découverts.* Note (*) de M. **Jean Nougaro**, transmise par M. Charles Camichel.

Exposé de résultats d'expériences sur la célérité des intumescences dans les canaux découverts. Applications de la méthode graphique des caractéristiques courbes exposée dans une Note précédente (1).

Dans une Note récente (1) nous avons exposé une méthode graphique permettant le calcul de la surélévation du plan d'eau consécutive au passage d'une intumescence dans un canal découvert. Les expériences correspondantes, réalisées dans divers canaux des Laboratoires d'Hydraulique de Toulouse et

(*) Séance du 6 octobre 1952.

(1) *Comptes rendus*, 235, 1952, p. 341.

dans quatre usines hydroélectriques, nous ont fourni des résultats particulièrement concordants, que nous résumons dans la présente Note.

A. *Recherches sur la vitesse de propagation d'une intumescence.* — Les expériences effectuées dans cinq canaux du Laboratoire dont les largeurs varient de 0,07 m à 4 m et les longueurs de 1,90 m à 117 m, ont permis de choisir parmi les diverses formules utilisées pour le calcul de la célérité c, celle qui donne les meilleurs résultats.

Nous avons ainsi comparé les expressions suivantes de c, écrites avec les notations habituelles :

$$c_1 = \sqrt{gH_0\left[1 + \frac{3}{2}\frac{h}{H_0} + \frac{1}{2}\left(\frac{h}{H_0}\right)^2\right]} \pm U_0,$$

$$c_2 = \sqrt{gH_0\left[1 + \frac{3}{2}\frac{h}{H_0}\right]} \pm U_0,$$

$$c_3 = \sqrt{gH} \pm U_0,$$

$$c_4 = \sqrt{gH_0} \pm U_0.$$

Les expériences ont montré la supériorité de l'expression c_3, particulièrement simple, pour laquelle l'écart maximum entre valeurs calculées et expérimentales reste inférieur à :

6 % pour des intumescences positives d'aval; 8 % pour des intumescences positives d'amont; 8 % pour des intumescences négatives d'aval.

Des essais réalisés sur le canal d'amenée de l'usine hydroélectrique de Pebernat sur l'Ariège, ont pleinement confirmé ces résultats, l'écart entre le calcul et l'expérience n'atteint même pas 2 %.

B. *Vérifications expérimentales de la méthode graphique des caractéristiques courbes.* — Cette deuxième série de recherches a apporté la confirmation de l'expérience à notre méthode graphique de calcul des intumescences.

La plupart des mesures ont été réalisées dans un canal de 24 m de longueur et 0,40 m de largeur dans lequel peut circuler un débit de l'ordre de 100 l/s.

Les régimes non permanents étudiés ont été provoqués par diverses manœuvres :

1° fermeture brusque de la vanne aval du canal;

2° injection brusque du débit à l'amont du canal;

3° arrêt brusque du débit à l'amont du canal;

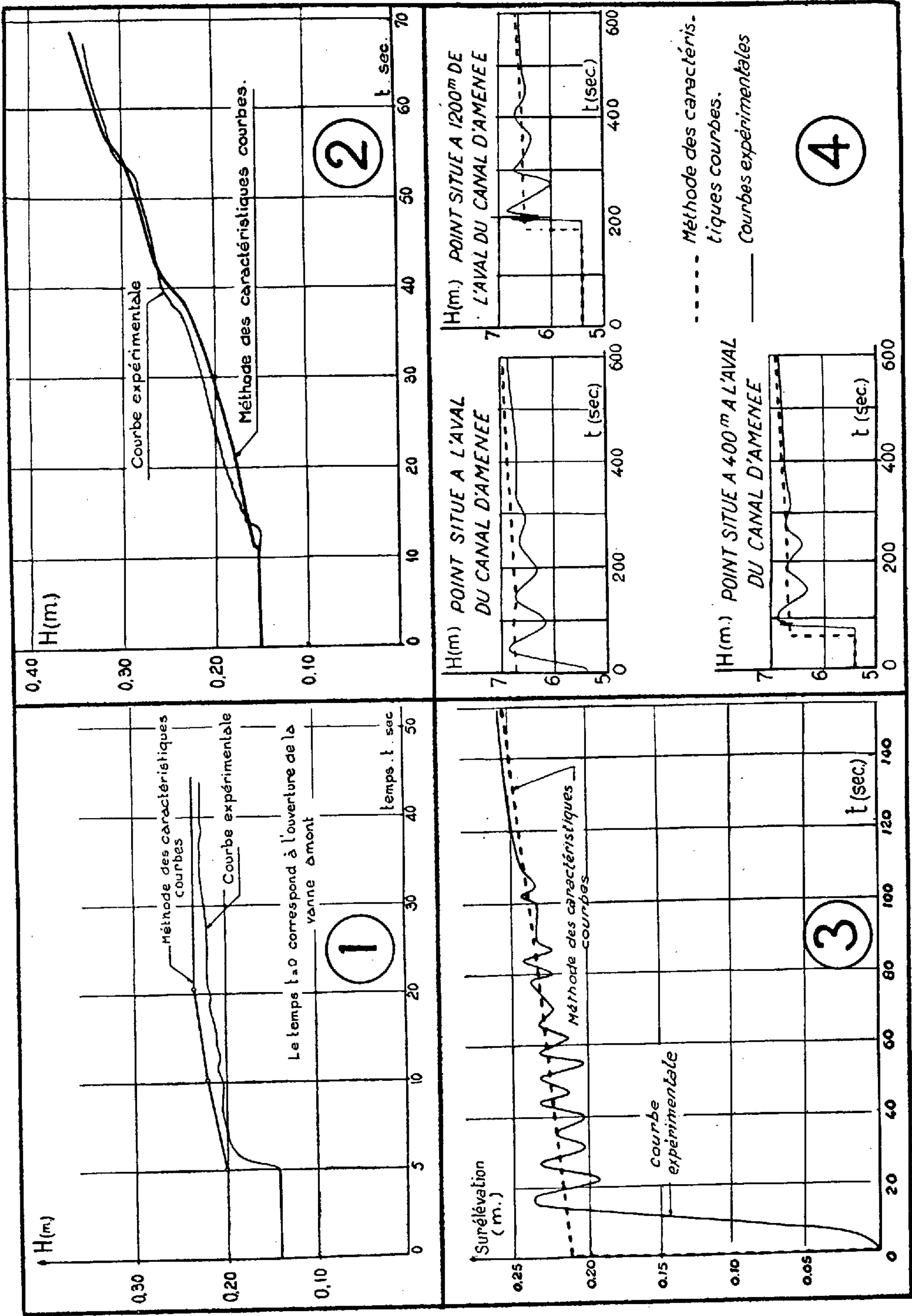
4° fermeture brusque de la vanne aval du canal suivie de sa réouverture, au bout d'un certain temps;

5° fermeture linéaire de la vanne aval du canal.

Pour chacune de ces expériences, les variations du plan d'eau sont enregistrées par l'intermédiaire d'un appareillage de jauges déjà décrit dans une Note antérieure (1).

---

(1) *Comptes rendus*, 234, 1952, p. 56.


1
H(m)
0,30
0,20
0,10
temps . t . sec
Méthode des caractéristiques courbes
Courbe expérimentale
Le temps t=0 correspond à l'ouverture de la vanne amont
2
H(m.)
0,40
0,30
0,20
0,10
t. sec.
Courbe expérimentale
Méthode des caractéristiques courbes.
3
Surélévation (m.)
0,25
0,20
0,15
0,10
0,05
t (sec.)
Méthode des caractéristiques courbes
Courbe expérimentale
4
H(m) POINT SITUE A L'AVAL DU CANAL D'AMENEE
H(m.) POINT SITUE A 1200m DE L'AVAL DU CANAL D'AMENEE
H(m.) POINT SITUE A 400m A L'AVAL DU CANAL D'AMENEE
t (sec.)
Méthode des caractéristiques courbes.
Courbes expérimentales

La méthode des caractéristiques courbes est appliquée à chacun de ces cas. La comparaison entre les courbes expérimentales et les courbes déduites des constructions graphiques met en évidence une concordance excellente comme on peut le voir, par exemple, sur les figures 1 et 2 qui correspondent respectivement à l'injection d'un débit à l'amont du canal et à la fermeture linéaire de la vanne aval.

Ces conclusions sont pleinement confirmées par des expériences de déclenchement des turbines réalisées aux usines hydroélectriques de Camon (*fig.* 3) et Valentine, sur la Garonne, et également par des essais effectués sur le modèle réduit du canal d'amenée de la chute de Saint-Christaud en projet sur la Garonne (*fig.* 4).

ASTROPHYSIQUE. — *Nouvelles observations photométriques des taches solaires.* Note de M. **Raymond Michard**, transmise par M. André Danjon.

Sur la base d'une assez vaste série de mesures, on étudie les variations du rapport I'/I de l'intensité lumineuse au centre d'une tache à l'intensité dans la photosphère normale, en fonction de la longueur d'onde, de la distance de la tache au centre du disque solaire, de la grandeur de la tache.

Durant l'été 1950 nous avons obtenu à l'Observatoire de Meudon 250 spectres de taches couvrant le domaine spectral λλ 6700-3200 Å avec un spectrographe Hilger à optique de quartz donnant une dispersion de 12 Å/mm pour $\lambda = 4000$. Le temps de pose était de 3 à 8 s. Sur ces spectres nous avons mesuré pour les six longueurs d'onde 6040, 5452, 4795, 4043, 3659 et 3300 Å le rapport I'/I de l'intensité minimum dans la tache, à l'intensité de la photosphère normale à une distance du centre du disque égale à celle de la tache considérée.

Ces mesures sont sujettes à diverses erreurs systématiques dont les plus importantes sont les suivantes :

— mauvais centrage de la tache sur la fente du spectrographe;

— introduction de lumière photosphérique dans l'image de la tache par diffusion atmosphérique ou instrumentale et turbulence de l'air (1).

Pour remédier à la première cause d'erreur on s'est livré à une sélection sévère des mesures : chaque fois qu'une différence systématique sérieuse apparaissait entre les résultats fournis par différents spectres de la même tache pris le même jour, on a admis que la plus faible valeur de I'/I était seule à retenir, les autres spectres étant faussés par un mauvais centrage de la tache.

Par ailleurs, on a *corrigé* les mesures pour tenir compte de la deuxième cause d'erreur. Pour cela on remarque que la diffusion et la turbulence atmosphérique ont pour effet de répartir la lumière issue d'un point, autour de son

(1) *Cf.* Wanders, *Z. Astrophys.*, 8, 1934, p. 108.

image géométrique, suivant une « fonction de diffusion » ψ. L'intensité apparente i en un point de l'image est alors liée à l'intensité réelle I par l'équation intégrale

$$(1) \qquad i(x_0, y_0) = \iint_{x,y} \mathrm{I}(x, y)\psi(x - x_0, y - y_0)\, dx\, dy.$$

Nous avons déterminé la fonction ψ en comparant le profil *observé* du bord solaire, dont nous avons pris de nombreux spectres en même temps que ceux des taches, avec son profil *réel* tel qu'il résulte des plus récents travaux ([2]). La fonction de diffusion étant variable d'un instant à l'autre et d'un point à l'autre du champ, nous avons jugé inutile de la déterminer pour chaque plaque, et avons adopté une fonction moyenne pour l'ensemble de nos observations. Bien entendu la fonction ψ varie fortement avec la longueur d'onde, l'importance des erreurs qu'elle représente croissant du rouge à l'ultraviolet. Nous avons ensuite corrigé les mesures brutes de I'/I au moyen de l'équation (1). Pour cela il faut faire sur la fonction $\mathrm{I}'(x, y)$ des hypothèses simplificatrices : on a admis que la tache est elliptique, que l'intensité à l'intérieur de l'ombre est une constante I'(0, 0) et qu'il en est de même de l'intensité dans la pénombre $\mathrm{I}p$. Remarquons que les simplifications faites conservent les caractères physiques essentiels du problème. La grandeur de la correction dépend beaucoup des dimensions de l'ombre ; les résultats deviennent très incertains pour les petites taches et pour les taches voisines du bord.

Dans l'ensemble de nos mesures nous avons sélectionné les plus grandes taches pour chercher à mesurer les variations de I'/I en fonction de l'angle θ de la direction d'observation avec la normale à la surface solaire. Les résultats sont réunis dans le tableau I où les valeurs de I'/I sont les moyennes des observations relatives à quelques taches (2 à 6 taches, 5 à 19 mesures retenues). On voit que le rapport I'/I varie très peu avec cosθ, ce qui est en accord avec les résultats d'autres auteurs ([3]). Notons cependant que l'erreur probable sur les *mesures individuelles* est de l'ordre de 0,10, ou pour les points moyens 0,025 à 0,045.

TABLEAU I.

Cos θ……	0,955.	0,87.	0,795,	0,63	0,485.	0,27.
6040……	0,305	0,30	0,305	0,36	0,33	0,34
5452……	0,255	0,235	0,245	0,29	0,285	0,295
4795……	0,22	0,19	0,205	0,255	0,255	0,24
4043……	0,16	0,145	0,14	0,155	0,15	0,15
3659……	0,145	0,065	0,135	0,12	0,08	0,095
3300……	0,125	0,06	0,12	0,055	0,055	0,03

([2]) TEN BRUGGENCATE, GOLLNOW et JÄGER, *Z. Astrophys.*, 27, 1950, p. 223.

([3]) RICHARDSON, *Astrophys. J.*, 78, 1933, p. 369 et 90, 1939, p. 230 ; WANDERS, *Z. Astrophys.*, 10, 1935, p. 15 ; WORMELL, *Month. Not. R. A. S.*, 36, 1936, p. 736.

Nous avons également obtenu la relation statistique entre le rapport I'/I pour λ 4750 Å environ, résultant de la moyenne des valeurs mesurées pour 4043, 4795 et 5452 Å, et l'aire A de l'*ombre* de la tache (exprimée en millionièmes d'hémisphère). Cette relation est donnée dans le tableau II dont chaque nombre est la moyenne des résultats relatifs à plusieurs taches. On voit que la température des taches diminue quand leur surface augmente.

Tableau II.

A	17.	27.	35.	46.	58.	83.	133.
$\frac{I'}{I}$	0,49	0,50	0,42	0,35	0,25	0,26	0,15

Le détail de nos observations et un essai d'interprétation théorique actuellement en cours seront publiés ultérieurement.

PHYSIQUE THÉORIQUE. — *Tenseurs, dont les éléments sont des matrices de Dirac.* Note (*) de M. **Friedrich L. Bauer**, présentée par M. Louis de Broglie.

Dans la théorie des particules à spin, il y a la possibilité d'écrire les équations d'onde sous une forme tensorielle, avec des coefficients de l'algèbre de Dirac (1).

On y remarque, que l'adjonction d'un quadrivecteur de matrices de Dirac introduit une réductibilité additionnelle, provenant de l'admission d'invariants nouveaux, en forme de produits scalaires avec le quadrivecteur de matrices de Dirac.

Considéré dans cette manière, c'est le problème d'une théorie des invariants sur l'algèbre de Dirac.

Dans un cas spécial, nous avons montré qu'un tenseur à cinq dimensions possède une invariance *symplectique* avec un quadrivecteur de matrices de Dirac (2). Les détails sont précisés comme suit par un théorème général, qui présente une affinité remarquable entre les caractéristiques du groupe orthogonal de dimension impair et celles du groupe symplectique :

Théorème. — *La caractéristique de la représentation spinorielle* ${}^{2\nu+1}\mathrm{O}(m_1+1/2, m_2+1/2, \ldots, m_\nu+1/2)$ *(m_i entier) du groupe orthogonal de dimension* $2\nu+1$, *c'est-à-dire la caractéristique de la représentation principale qui résulte de la fusion* ${}^{2\nu+1}\mathrm{O}(m_1, m_2, \ldots, m_\nu)\times{}^{2\nu+1}\mathrm{O}(1/2, 1/2, \ldots, 1/2)$ *d'une représentation tensorielle avec la représentation par des matrices généralisées de Dirac (algèbre de Clifford), est le produit des caractéristiques de la représentation* ${}^{2\nu+1}\mathrm{O}(1/2, 1/2, \ldots, 1/2)$ *et de la représentation* ${}^{2\nu}\mathrm{Sp}(m_1, m_2, \ldots, m_\nu)$ *du* groupe simplectique *en* 2ν *dimensions.*

(*) Séance du 6 octobre 1952.

(1) F. L. Bauer, *Z. Naturforsch.*, 4a, 1949, p. 720.

(2) F. L. Bauer, *Sitz. Ber. Bayr. Akad. d. Wiss*, 1952, p. 111.

La démonstration résulte d'un examen simple des formules pour les caractéristiques des groupes considérés, données déjà par Weyl [3] en 1925. La caractéristique de la représentation ${}^{2\nu+1}O(m_1, m_2, \ldots, m_\nu)$ est le quotient

$$\chi = \frac{\xi(l_1, l_2, \ldots, l_\nu)}{\xi(r_1, r_2, \ldots, r_\nu)},$$

d'où ξ est un déterminant spécial, dépendant des variables l_i,

$$l_i = m_i + r_i, \quad r_i = \nu + \frac{1}{2} - i.$$

Alors on a pour la représentation ${}^{2\nu+1}O(m_1 + 1/2, m_2 + 1/2, \ldots, m_\nu + 1/2)$

$$\chi = \frac{\xi\left(l_1 + \frac{1}{2}, l_2 + \frac{1}{2}, \ldots, l_\nu + \frac{1}{2}\right)}{\xi(r_1, r_2, \ldots, r_\nu)} = \frac{\xi\left(l_1 + \frac{1}{2}, l_2 + \frac{1}{2}, \ldots, l_\nu + \frac{1}{2}\right)}{\xi\left(r_1 + \frac{1}{2}, r_2 + \frac{1}{2}, \ldots, r_\nu + \frac{1}{2}\right)} \, \frac{\xi\left(r_1 + \frac{1}{2}, \ldots, r_\nu + \frac{1}{2}\right)}{\xi(r_1, r_2, \ldots, r_\nu)}$$

Évidemment, le second quotient est la caractéristique de la représentation ${}^{2\nu+1}O(1/2, 1/2, \ldots, 1/2)$.

Mais, la caractéristique de la représentation ${}^{2\nu}Sp(m_1, m_2, \ldots, m_\nu)$ du groupe symplectique est donnée par le même déterminant ξ sous la forme

$$\chi' = \frac{\xi(l'_1, l'_2, \ldots, l'_\nu)}{\xi(r'_1, r'_2, \ldots, r'_\nu)},$$

d'où maintenant

$$l'_i = m_i + r'_i, \qquad r'_i = \nu + 1 - i,$$

c'est-à-dire

$$l'_i = l_i + \frac{1}{2}, \qquad r'_i = r_i + \frac{1}{2}.$$

La concordance avec le premier quotient est évidente.

Le théorème indique que les transformations de spin orthogonales sont isomorphes aux transformations symplectiques de l'algèbre de Clifford.

En particulier, dans les équations d'onde pour particules à spin demi-entier, les fonctions d'onde forment toujours un tenseur symplectique avec des coefficients de l'algèbre de Dirac.

PHYSIQUE THÉORIQUE. — *Sur une possibilité de généralisation covariante de la théorie du couplage intermédiaire*. I. Note de M. **Maurice Jean**, présentée par M. Louis de Broglie.

Pour servir de base à une généralisation covariante de la théorie du couplage intermédiaire de Tomonaga, une équation est proposée qui redonne, lorsqu'on la résout par une méthode de perturbation, les résultats bien connus de la méthode de Feynman pour un nucléon libre.

---

(3) H. Weyl, *Math. Zeits.*, 23, 1925, p. 271 ff.

Malgré des accords qualitatifs prometteurs, l'interprétation des résultats expérimentaux sur les mésons π à l'aide de la théorie mésique pseudo-scalaire est rendue délicate par le fait qu'on est conduit à admettre que la constante de couplage, f, n'est pas petite, alors que les calculs habituellement effectués reposent sur l'hypothèse du couplage faible ([1]). Pour tourner cette difficulté S. I. Tomonaga ([2]) a proposé une théorie du couplage intermédiaire qu'il a appliquée au nucléon libre dans le cas du méson scalaire en négligeant le recul. Dans cette approximation on tient compte d'une manière complète du nuage de mésons qui entoure le nucléon « nu », mais on néglige complètement les paires nucléon-antinucléon. Une tentative, faite par P. T. Matthews et A. Salam ([3]) et indépendamment par l'auteur pour traiter le problème d'une manière relativiste, s'est heurtée à la difficulté d'introduire simplement les paires. C'est une autre possibilité d'approche formelle de ce problème, utilisant les méthodes covariantes de Feynman-Dyson, que nous présentons ici.

Soit $S'_F(p)$ le noyau de Feynman ([4]) décrivant l'évolution du nucléon « physique » libre, c'est-à-dire le nucléon « nu » accompagné du nuage de mésons et de paires qui constitue son champ propre. Dyson a montré qu'il obéit à l'équation ([5]).

$$S'_F(p) = S_F(p) + S_F(p)\,\Sigma^\star(p)\,S'_F(p), \tag{1}$$

dont on tire

$$\{\mathbf{p} - M_0 - \Sigma^\star(p)\}\,S'_F(p) = 1. \tag{2}$$

La fonction d'ondes $\Psi(p)$ décrivant, selon la méthode covariante de perturbation, le nucléon « physique » libre vérifie donc l'équation

$$\{\mathbf{p} - M_0 - \Sigma^\star(p)\}\,\psi(p) = 0, \tag{3}$$

qui contient les effets de l'interaction du nucléon avec son champ propre par l'intermédiaire de l'opérateur $\Sigma^\star(p)$ qui se présente sous la forme d'une série de puissances de f^2. Lorsqu'on analyse la structure de cet opérateur, en comparant aux méthodes non covariantes de perturbation, on constate que, si l'on néglige la contribution des « closed loops » ([6]), les autres effets des paires étant inclus, l'équation (3) est la solution, à l'approximation du couplage

---

([1]) *Voir* ([3]).

([2]) *Prog. Théor. Phys.*, **2**, 1947, p. 6.

([3]) *Phys. Rev.*, **86**, 1952, p. 715.

([4]) *Phys. Rev.*, **76**, 1949, p. 749. Nos notations sont celles de Feynman, sauf pour les facteurs de propagation que nous désignons par $S_F(p) = (\mathbf{p} + M_0)(p^2 - M_0 + i\delta)^{-1}$ et $D_F(q) = (q^2 - \mu^2 + i\delta)^{-1}$. L'opérateur O est le produit de $f(2\pi)^{-\frac{3}{2}}$ par 1 dans le cas scalaire et par γ_5 dans le cas pseudoscalaire.

([5]) F. J. Dyson, *Phys. Rev.*, **75**, 1949, p. 1736. $\Sigma^\star(p)$ est défini p. 1747.

([6]) M. Gell-Mann et M. L. Goldberger, *Bull. Amer. Phys. Soc.*, **27**, 1952, p. 42, indiquent l'utilisation de cette approximation.

faible, d'une équation plus générale que nous écrirons

$$(4)\qquad \{\mathbf{p}-\mathrm{M}_0\}\Psi(p)=\int dk\,\mathrm{D}_{\mathrm{F}}^{\frac{1}{2}}(k)\,\mathrm{O}\{a(k)\Psi(p-k)+a^{\star}(k)\Psi(p+k)\}.$$

Les opérateurs $a(q)$ et $a^{\star}(q)$ satisfont à la relation de commutation $[a(q), a^{\star}(q')]=\delta(q-q')$ et opèrent sur le vecteur $\Psi(p)$ qui décrit maintenant le nucléon « physique ». La représentation dans laquelle l'opérateur $\int a^{\star}(k)a(k)\,dk$ est diagonal peut se construire par une extension formelle de la méthode de R. Becker et C. Leibfried ([7]). Les vecteurs de base sont alors :

$$(5)\qquad |\mathrm{Q}_m\rangle=|q_1q_2\ldots q_m\rangle=(m!)^{-\frac{1}{2}}a^{\star}(q_1)\,a^{\star}(q_2)\ldots a^{\star}(q_m)\,|0\rangle,$$

où le vecteur $|0\rangle$ est défini par $a(q)|0\rangle\equiv 0$. On a alors les relations

$$(6)\qquad \begin{cases} a^{\star}(q_r)\,|\mathrm{Q}_m\rangle=(m+1)^{\frac{1}{2}}\,|q_r\mathrm{Q}_m\rangle,\\ a(q_r)\,|\mathrm{Q}_m\rangle=m^{-\frac{1}{2}}\sum_j\delta(q_r-q_j)\,|\mathrm{Q}_m,-q_j\rangle,\end{cases}$$

où $|\mathrm{Q}_m,-q_j\rangle$ est l'abréviation de $|q_1\ldots q_{j-1}q_{j+1}\ldots q_m\rangle$. A l'aide des relations (5) et (6), et en désignant par $\Psi(p;\mathrm{Q}_m)=\langle\mathrm{Q}_m|\Psi(p)\rangle$ les composantes (fonctions d'ondes) du vecteur $\Psi(p)$, on transforme l'équation (4) en système infini d'équations couplées :

$$(7)\qquad \{\mathbf{p}-\mathrm{M}_0\}\Psi(p;\mathrm{Q}_m)=m^{-\frac{1}{2}}\sum_{j=1}^{m}\mathrm{O}\,\mathrm{D}_{\mathrm{F}}^{\frac{1}{2}}(q_j)\,\Psi(p+q_j;\mathrm{Q}_m,-q_j)$$
$$+(m+1)^{\frac{1}{2}}\int dq_{m+1}\,\mathrm{O}\,\mathrm{D}_{\mathrm{F}}^{\frac{1}{2}}(q_{m+1})\,\Psi(p-q_{m+1};\mathrm{Q}_m q_{m+1}).$$

Lorsqu'on résout ce système par une méthode de perturbation on est alors ramené à l'équation (3). Le système (7) présente une analogie formelle avec celui qu'utilise Tomonaga et semble justiciable des mêmes méthodes. C'est lui, ou l'équation (4) qui lui est équivalente, que nous considérerons comme point de départ d'une possible théorie covariante du couplage intermédiaire ([8]).

PHYSIQUE NUCLÉAIRE. — *Étude des électrons de conversion du* $^{231}_{91}$Pa. Note de M. **Paul Falk-Vairant**, présentée par M. Frédéric Joliot.

On donne la liste des raies électroniques de conversion, mesurées avec un spectrographe semi-circulaire, et les rayonnements γ qu'on peut en déduire.

L'étude des électrons de conversion accompagnant la transmuta-

---

([7]) *Phys. Rev.*, 69, 1946, p. 34.

([8]) Nous sommes redevable à M. J. Prentki d'une intéressante discussion sur ce problème.

tion $^{231}_{91}Pa\,^{227}_{89}Ac$ a été faite par L. Meitner ([1]) et E. Haggstrom ([2]) dans le domaine d'énergie de 75 à 320 keV. Nous avons repris cette étude au moyen d'un spectrographe semi-circulaire à aimant permanent ([3]) dans le domaine d'énergie de 10 à 400 keV.

La source de 9.10^{-3} mg de Pa a été préparée par M. G. Bouissières, par dépôt spontané d'une solution fluorhydrique ([4]) sur un support de Be de 10 mm × 1 mm. Le détecteur est constitué par des plaques à émulsion nucléaire Ilford G_5; les raies sont observées par le noircissement total et non par les traces individuelles.

Bien que l'intensité de la source soit 60 fois moins intense que celle employée par L. Meitner, le fait, d'une part, que la source est constituée de Pa pur, et d'autre part que le détecteur a une sensibilité passablement plus grande, a permis de mettre en évidence un grand nombre de raies nouvelles.

Nous avons fait quatre poses de 15 jours chacune avec des champs magnétiques de 412,6, 293,6, 198,2 et 134,3 œrsteds.

Nous donnons ci-dessous la liste des raies obtenues et leur interprétation possible.

Les intensités relatives sont très approximatives du fait qu'elles sont mesurées visuellement et qu'on ne connaît pas avec précision la loi de noircissement des plaques en fonction de l'énergie des particules. La précision sur la détermination de l'énergie est de 2 à 4 % pour les raies peu intenses ($i \leqq 2$) et de 1 à 2 % pour les autres.

Sur les tableaux I et II on doit faire les remarques suivantes :

a. La précision des mesures ne permet pas de distinguer certains sous-niveaux L, M, N. Pour ces niveaux nous n'avons pas marqué d'indice.

b. Les raies de 170 et 135 keV paraissent diffuses sur les clichés et pourraient être formées de deux raies d'énergie voisine.

c. L'interprétation des raies de très basse énergie présente une sérieuse ambiguïté. En effet, les raies de 24,9 et 20,0 keV pourraient être dues à la conversion dans les couches N et M_I du rayonnement de 27 keV ([5]), mais la raie de 20,0 keV peut également correspondre à la raie L_{II} du photon de 38,0 keV. Un travail est actuellement en cours pour essayer de mesurer les raies de conversion du rayonnement de 27 keV dans la couche L.

([1]) *Z. f. Phys.*, 50, 1928, p. 15.

([2]) *Phys. Rev.*, 62, 1942, p. 144.

([3]) J. Surugue, *Ann. Phys.*, 8, 1937, p. 484.

([4]) Mme Camarcat, G. Bouissières et M. Haissinsky, *J. Chim. Phys.*, 46, 1949, p. 153.

([5]) Riou, *Comptes rendus*, 234, 1952, p. 1157.

TABLEAU I.

Raies de conversion de Pa → Ac.

Hρ (gauss/cm).	Énergie des électrons (KeV).	Intensité relative.	Niveau.	Énergie du rayonnement γ (KeV).
2 250	* 335	1	L	357
2 195	324	1	M	331
2 140	311	10	L	331
2 080	296	7	M	301
2 015	281	20	L	301
1 997	276	5	K	383
1 884	251	10	K	357
1 825	* 238	5	L	259
1 764	225	60	K	331
1 619	194	100	K	301
1 537	* 177	5	L	198
1 504	* 170	5	–	–
1 412	* 152	10	K	259
1 319	* 135	5	–	–
1 265	* 125	1	–	–
1 098	96,9	2	M	102
1 065	* 91,5	1	K	198
1 030	86,1	2	L_{III}	102
1 010	83,0	2	L_{II}	102
996,0	80,6	1	N	82,2
973,5	* 77,5	–	M	82,2
870,4	* 62,3	–	L_I	82,2
839,1	* 59,0	–	M	63,5
790,0	* 52,2	–	M	56,9
751,6	* 47,5	–	L_{III}	63,5
724,6	* 44,3	–	L_{II}	53,5
696,8	* 41,1	–	L_{III}	56,9
666,5	* 37,7	–	L_{II}	56,9
621,0	* 32,9	–	M	38,0
576,0	* 28,4	–	M	33,6
538,0	* 24,9	–	–	–
506,8	* 22,1	–	L_{III}	38,0
481,7	* 20,0	–	–	–
456,7	* 18,0	–	L_I	38,0
398,5	* 13,8	–	L_I	33,6

* Raies nouvelles.

TABLEAU II. — *Rayonnement γ de* Pa → Ac.

Rayonnement keV.	Raies électroniques trouvées keV.	Rayonnement keV.	Raies électroniques trouvées keV.
*383	K	102	L_{II}, L_{III}, M
*357	K, L	*82,3	L_{I}, M, N
331	K, L, M	*63,5	L_{II}, L_{III}, M
301	K, L, M	*56,9	L_{II}, L_{III}, M
*259	K, L	38,0	L_{I}, L_{III}, M
*198	K, L	*33,6	L_{I}, M

* Rayonnements nouveaux.

CHIMIE PHYSIQUE. — *Sur une méthode de dosage chimique des rayons γ en présence de neutrons lents.* Note de Mme **Madeleine Corval**, MM. **Adolphe Chapiro** et **Charles Cousin**, présentée par M. Frédéric Joliot.

Dans une Note précédente (1) l'un de nous a montré qu'il était possible de mesurer le nombre de radicaux libres produits par les rayons γ dans un liquide organique en irradiant une solution de 1.1-diphényl 2-picrylhydrazyle (DPPH) dans le liquide considéré et en suivant colorimétriquement la disparition de ce radical au cours de l'irradiation. Dans le présent travail, nous avons étendu cette méthode au cas d'un rayonnement composé à la fois de rayons γ et de neutrons lents tel qu'il existe à l'intérieur des piles atomiques. Rappelons que si l'on soumet un liquide organique à l'action des neutrons lents, les radicaux libres formés sont essentiellement dus à la capture des neutrons par certains atomes (réaction de Szilard-Chalmers) et aux réactions secondaires auxquelles cette capture donne naissance (2). La méthode que nous proposons pour mesurer l'effet chimique des rayons γ en présence de neutrons lents consiste à comparer la radiolyse d'un composé organique avec celle de son homologue perdeutéré. Si le composé « lourd » choisi ne contient que des atomes C, O et D dont la section efficace de capture pour les neutrons lents est négligeable, tous les radicaux libres formés seront attribuables à l'action des rayons γ. Dans le composé « léger », l'effet chimique mesuré sera dû à la somme des deux rayonnements en présence. La différence des deux mesures donne donc la contribution des neutrons lents.

Ce raisonnement suppose que les effets chimiques de deux rayonnements s'ajoutent lorsque ces rayonnements agissent simultanément. L'additivité de

(1) A. Chapiro, *Comptes rendus*, **233**, 1951, p. 792.

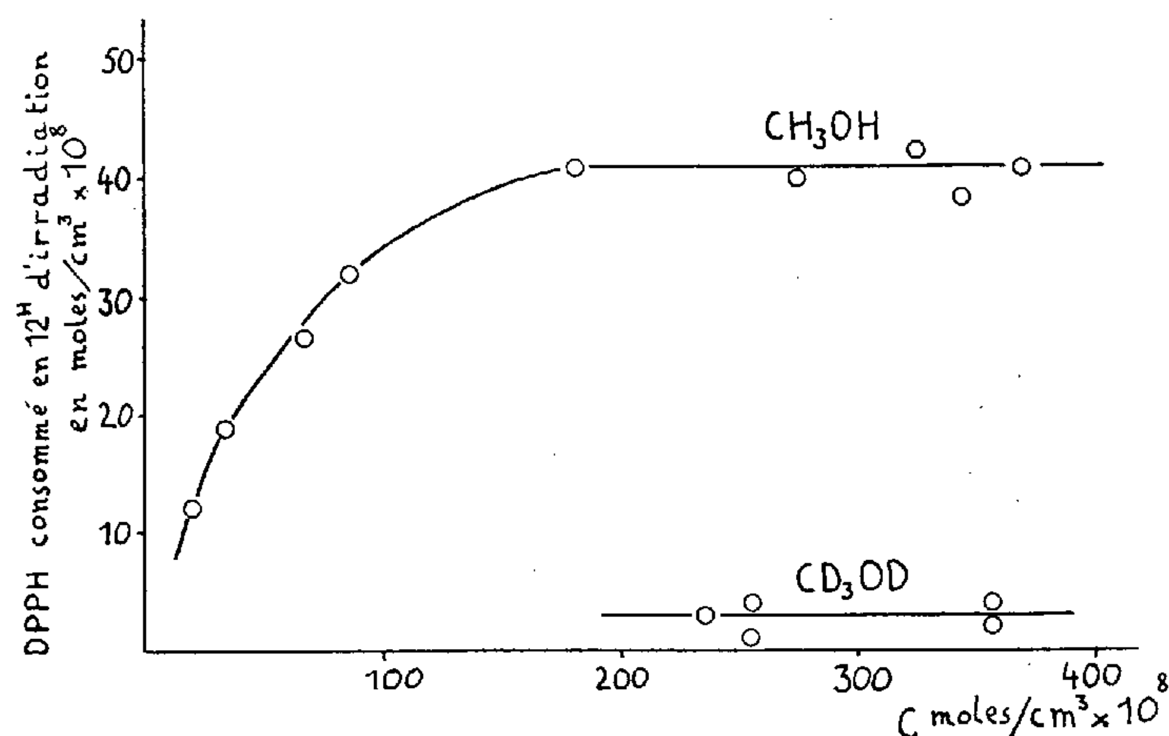
(2) *Voir* Y. Landler. *Thèse*, Paris, 1952 (à paraître *J. Chim. Phys.*).

effets chimiques des rayons γ et α a été trouvée par N. Miller (³). Il semble cependant que cette propriété n'est plus vérifiée pour de très fortes intensités (⁴).

Deux séries d'expériences ont été effectuées à la pile de Châtillon.

La première série d'irradiations a été faite en juin et octobre 1951 dans un canal thermique de la pile avec un flux de neutrons de 7.10^9 n/cm²/s et en utilisant le couple méthanol-méthanol $[D_4]$ (⁵). Chaque irradiation était accompagnée d'une expérience témoin non irradiée, car le méthanol réagit lentement avec le DPPH sans irradiation.

Les résultats sont représentés sur la figure. La courbe représente la vitesse de consommation du DPPH en fonction de la concentration initiale C de la solution. La forme de la courbe pour le méthanol montre que pour les



solutions peu concentrées, le DPPH ne capte pas tous les radicaux libres formés. Une interprétation cinétique de la réaction qui rend compte de la forme de ces courbes a été proposée récemment (⁶). Dans le domaine de concentrations où la vitesse est indépendante de la concentration initiale, la consommation de DPPH après 12 heures d'irradiation est de 41 ± 2.10^{-8} moles/cm³ dans le méthanol et 3 ± 2.10^{-8} moles/cm³ dans le méthanol $[D_4]$. Ces résultats sont déjà corrigés en tenant compte de la réaction parasite du DPPH avec le méthanol qui consomme 5 à 8.10^{-8} moles/cm³ pendant la même durée. L'im-

(³) Communication privée (à paraître).

(⁴) J. Wright, *Discuss. Farad. Soc.* « *Radiation Chemistry* » *Leeds*, avril 1952 (à paraître).

(⁵) La préparation des composés perdeutérés utilisés ici fera l'objet d'une publication ultérieure.

(⁶) A. Chapiro, *Discus. Farad. Soc.* « *Radiation Chemistry* » *Leeds*, avril 1952 (à paraître).

portance de cet effet parasite par rapport à l'effet de l'irradiation nous a conduit à utiliser un autre composé qui ne réagit pas avec le DPPH.

La deuxième série d'irradiations a été faite en juin-juillet 1952 dans le canal central de la pile avec un flux de neutrons de $12,6.10^9$ n/cm²/s en utilisant le couple acétate de méthyle-acétate de méthyle $[D_6]$ ([5]).

La consommation de DPPH après 12 h d'irradiation était de 99 ± 3.10^{-8} moles/cm³ dans l'acétate de méthyle et de 26 ± 2.10^{-8} moles/cm³ dans l'acétate de méthyle $[D_6]$.

En comparant ces valeurs avec nos résultats antérieurs obtenus avec les rayons γ du radium ($0,16.10^{-8}$ moles de DPPH consommés par rœntgen dans le méthanol $[D_4]$ et $0,21.10^{-8}$ moles/rœntgen dans l'acétate de méthyle $[D_6]$) on voit que l'effet chimique des rayons γ de la pile correspond à un rayonnement du radium d'une intensité de $2,6 \pm 1,7$ r/m pour le canal thermique étudié et de $17 \pm 1,3$ r/m pour le canal central de la pile. Ces résultats ne sont donnés qu'à titre indicatif, l'intensité du rayonnement γ de la pile pouvant varier avec le temps, en particulier en raison de l'accumulation des produits de fission. Des expériences sont prévues pour compléter ces données et étudier la distribution des intensités du rayonnement γ à l'intérieur de la pile.

CHIMIE MINÉRALE. — *Sur la décomposition catalytique de l'oxyde de carbone par le fer réduit électrolytiquement à basse température.* Note de MM. **Bernard Fleureau** et **André Sancelme**, présentée par M. Pierre Jolibois.

La décomposition de l'oxyde de carbone en présence de fer a été étudiée par de nombreux auteurs, parmi lesquels Boudouard peut être considéré comme le précurseur ([1]).

La réaction s'écrit globalement : $2\,CO \rightarrow CO_2 + C$.

Plusieurs hypothèses ont été proposées pour l'expliquer, nous ne les discuterons pas ici.

L'oxyde de carbone chauffé jusqu'à 1200° en l'absence de catalyseur ne se décompose pas. Par contre, la présence de fer, nickel ou cobalt, même en très faible quantité (1/10ᵉ de milligramme), mais seulement à l'état métallique, catalyse cette décomposition ([2]). Nous avons vérifié ces deux faits.

L'appareil, déjà utilisé par l'un de nous ([3]), permet d'enfermer et de faire circuler une quantité connue de gaz sur le catalyseur. Le gaz carbonique formé est absorbé sur de la potasse. L'évolution de la réaction est

---

([1]) Boudouard, *Ann. Chim. Phys.*, 7ᵉ série, **24**, 1901, p. 5-85.

([2]) F. Olmer, *Thèse*, Université de Strasbourg, 1941.

([3]) P. Jolibois et B. Fleureau, *Comptes rendus*, **232**, 1951, p. 1272.

suivie par la mesure de la pression du gaz résiduel. Nous avons toujours opéré dans les mêmes conditions : loi de chauffe linéaire, 250° à l'heure; même quantité de fer, 10 mg.

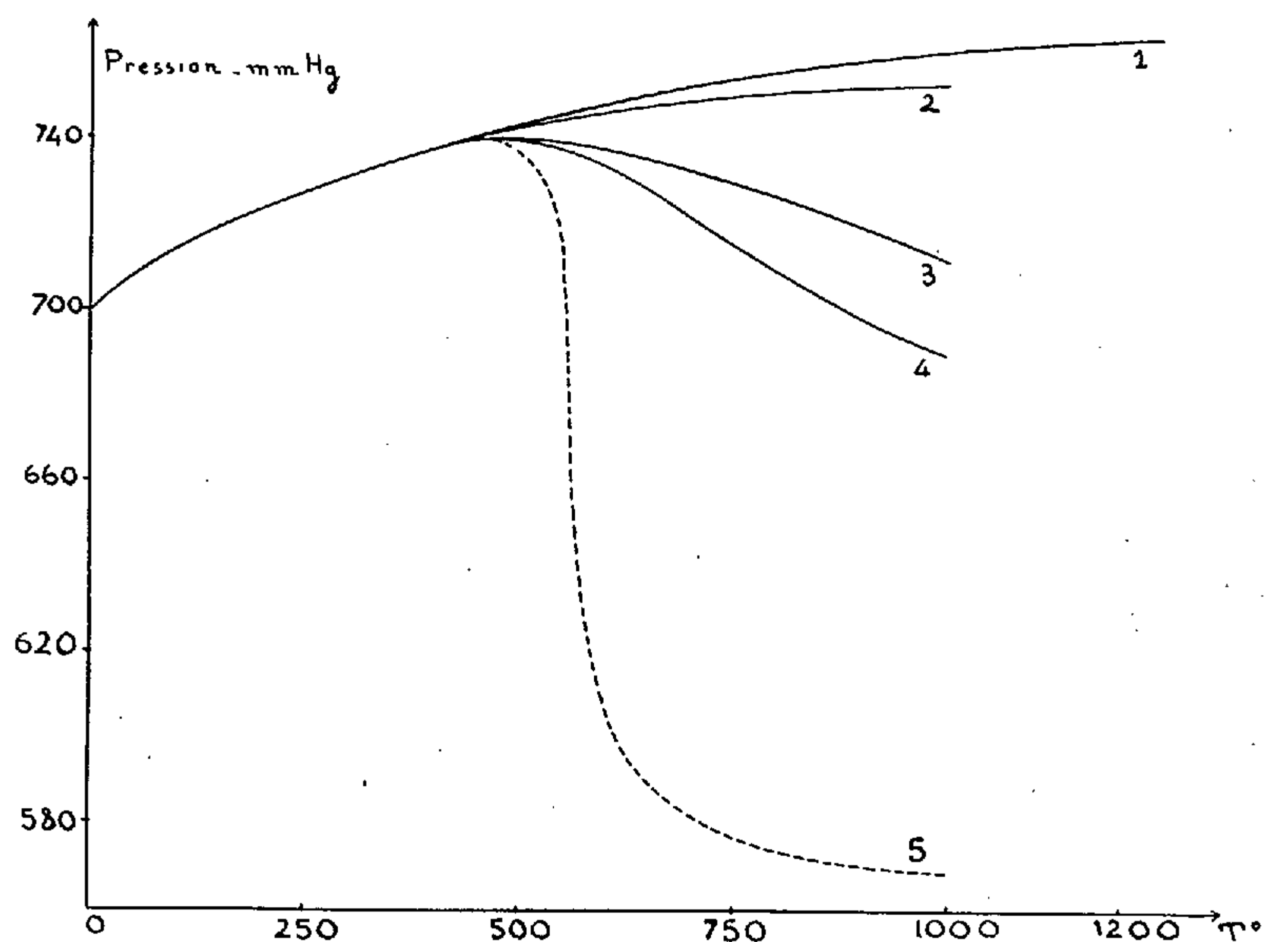


Fig. 1. — Dilatation de CO (sans décomposition) (1); dilatation de CO (avec décomposition) en présence de fer réduit à 1200° (2), 1000° (3), 275° « pyrophorique » (4) et de fer réduit électrolytiquement (5).

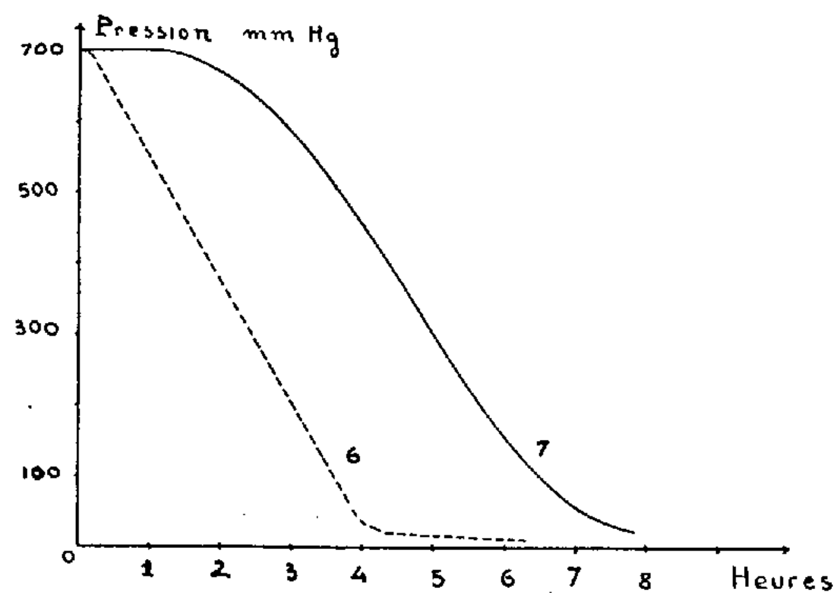


Fig. 2.

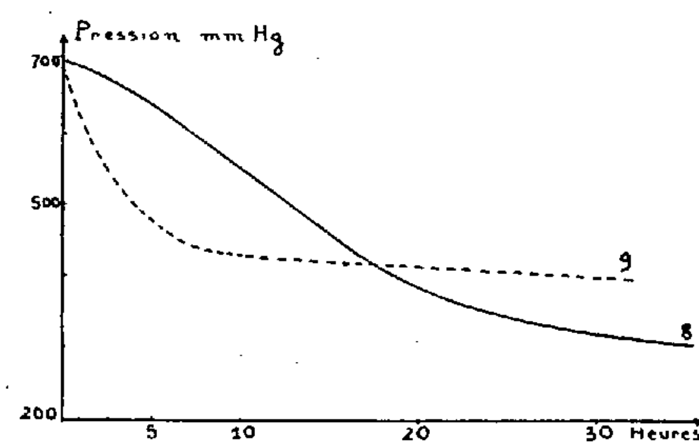


Fig. 3.

Fig. 2. — Décomposition isotherme de CO à 500° sur le fer réduit électrolytiquement (6); sur le fer réduit à 1000° (7).

Fig. 3. — Décomposition isotherme de CO à 745° sur le fer réduit électrolytiquement (9); sur le fer réduit à 1000° (8)

Les catalyseurs ont été préparés par réduction par l'hydrogène d'oxyde de fer Fe_2O_3, à différentes températures depuis 1200° jusqu'à 275° où l'on obtient du fer pyrophorique.

La comparaison des courbes 2, 3 et 4 montre que la décomposition

de CO est d'autant plus rapide que le catalyseur a été préparé à plus basse température. Toutefois, les différences de vitesse de réaction sont faibles.

A la suite de ces résultats, il nous a paru intéressant d'utiliser le fer réduit obtenu par voie électrolytique selon une technique décrite par l'un de nous ([4]).

L'oxyde de fer Fe_2O_3 est réduit directement à la température ordinaire par l'hydrogène cathodique dans une solution diluée de soude. Dans une Note précédente ([5]), nous avons montré que de telles réductions se font à l'état solide par enlèvement d'oxygène de la molécule d'oxyde; le corps réduit conservant sensiblement le volume du composé initial est, de ce fait, très poreux.

Ce fer, utilisé comme catalyseur, provoque, entre 450 et 600°, une décomposition beaucoup plus rapide (courbe 5) que le fer obtenu habituellement par voie thermique, même pyrophorique. Elle ne commence, en effet, qu'à 450° comme dans les autres cas et au delà de 600°, la vitesse de la réaction est également comparable à celle des autres essais.

En opérant à température constante : 500°, la décomposition est immédiate et pratiquement totale après 4 h (courbe 6), alors qu'avec le fer réduit par voie normale, la décomposition est beaucoup plus lente et est précédée d'une longue période d'induction (courbe 7).

A température constante supérieure à 600°, par exemple 745°, la vitesse de décomposition diminue et le fer réduit électrolytiquement perd peu à peu ses propriétés, à tel point qu'après 6 h la réaction devient même plus lente qu'avec le fer réduit à 1000° (courbes 8 et 9).

Le fer réduit électrolytiquement à basse température apparaît donc comme un catalyseur remarquable à condition de limiter son emploi à 600° environ. Nous expliquons la perte de ses propriétés catalytiques à haute température par un phénomène de frittage d'autant plus marqué que le fer était initialement sous un état plus divisé. Ce fait avait déjà été constaté par Sauerwald à 580° pour la poudre de fer obtenue par réduction thermique dans l'hydrogène ([6]).

Notons, à ce propos, qu'il est possible de l'obtenir à l'état de finesse voulue en partant d'un oxyde convenablement broyé. En outre, le fer préparé électrolytiquement par réduction à basse température est peu oxydable à l'air, donc d'un emploi facile.

([4]) A. Sancelme, *J. Chim. Phys.*, **49**, n°s 7-8, 1952, p. C 119.

([5]) P. Jolibois, et A. Sancelme, *Comptes rendus*, **234**, 1952, p. 1007.

([6]) Sauerwald, *Z. Elektroch.*, **29**, 1923, p. 79 et **30**, 1924, p. 176.

MÉTALLOGRAPHIE. — *Sur un procédé permettant de s'affranchir des ondes parasites dans le sondage ultrasonoscopique des pièces métalliques.* Note (*) de M. **Louis Beaujard**, présentée par M. Albert Portevin.

Il est montré que les échos parasites sont dus aux ondes superficielles qui passent directement du palpeur émetteur au palpeur récepteur. Une intégration photographique permet d'éliminer ces échos, pour ne garder que les échos des défauts.

On sait que le sondage ultrasonoscopique peut être opéré suivant des procédés divers. Des études ont été faites au moyen de l'appareil Hughes [1] fonctionnant par échos et qui possède un palpeur émetteur et un palpeur récepteur. Lorsque les palpeurs droits sont placés côte à côte sur la section droite d'un produit long de faible section (coupon de rail, par exemple), on observe que le premier tiers de l'oscillogramme est brouillé par des échos parasites très mobiles suivant la position des palpeurs, tels que ceux qui sont montrés par l'oscillogramme de la figure 1. Cette anomalie a déjà été signalée par Hanstock [2] qui l'attribue à la propagation d'une onde de surface du palpeur émetteur au palpeur récepteur et à ses nombreux échos sur les parois de la pièce en examen. Bastien et ses collaborateurs [3] ont pu montrer que, dans d'autres cas, ces échos parasites étaient dus à la structure cristalline du métal, où la dimension moyenne du grain était égale à un multiple d'une demi-longueur d'onde des ultrasons. Cette dernière explication ne peut s'appliquer ici, car la longueur d'onde utilisée est de 2,5 mm et bien supérieure à la dimension moyenne du grain des aciers examinés. D'autre part, les échos dus à une relation entre la dimension des grains et la longueur d'onde des ultrasons, sont modifiés par le changement de leur fréquence, ce qui n'a pas lieu ici.

Les deux expériences suivantes permettent de penser qu'il s'agit, dans notre cas, de manifestations dues à la présence d'ondes superficielles :

a. si les deux palpeurs sont assez écartés (1 cm environ), la simple pression du doigt sur la portion de métal située entre eux affaiblit les échos parasites, car les ondes superficielles sont amorties par le contact du doigt;

b. les ondes superficielles peuvent être arrêtées par un trait de scie peu profond entaillant la surface métallique située entre les palpeurs.

(*) Séance du 6 octobre 1952.

(1) Desch, Sproule et Dawson, *J. Iron and Steel Inst.*, 153, 1946, p. 319.

(2) Hanstock, *The non destructive testing of metals*, The Institute of metals, Londres, 1951, p. 57.

(3) Bastien, Bleton et de Kerverseau, *Revue de Métallurgie*, 47, 1950, p. 421.

L'oscillogramme de la figure 2, pris dans ces conditions, montre bien l'absence des échos parasites remarqués sur la figure 1.

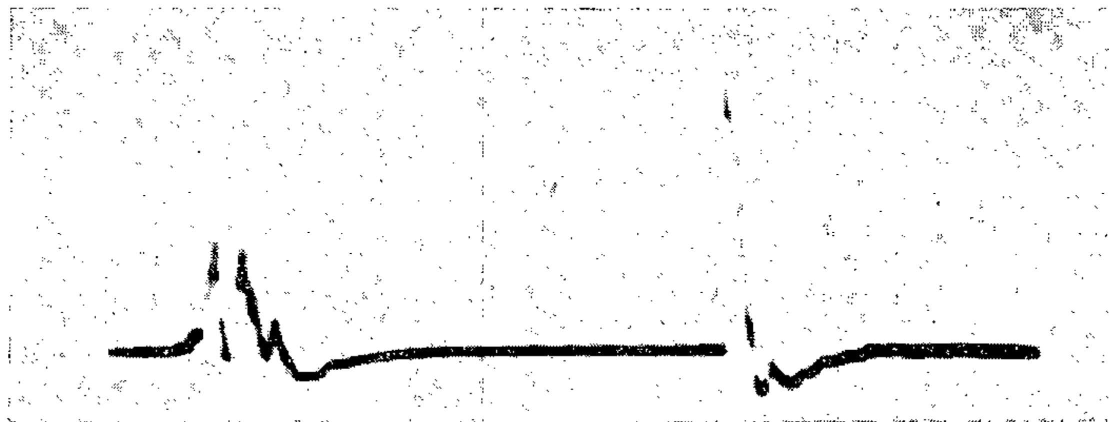


Fig. 1. — Présence d'échos parasites.

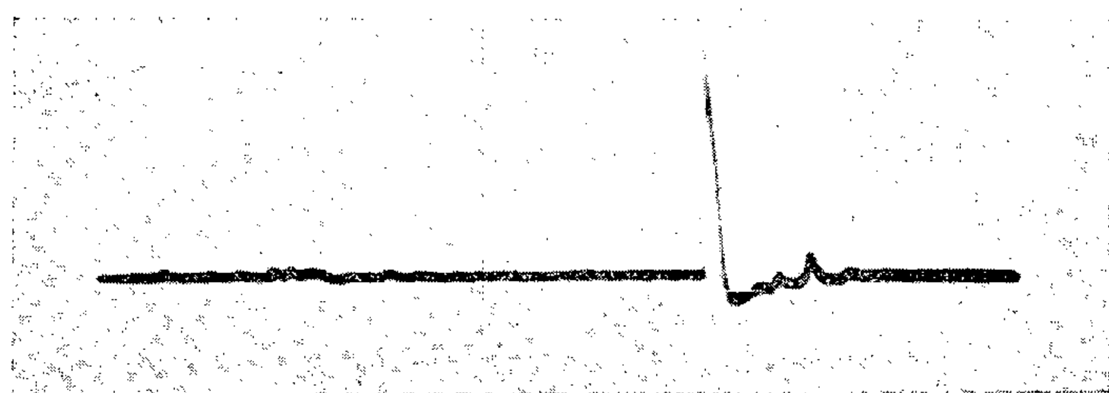


Fig. 2. — Trait de scie entre les deux palpeurs. Absence des échos parasites.

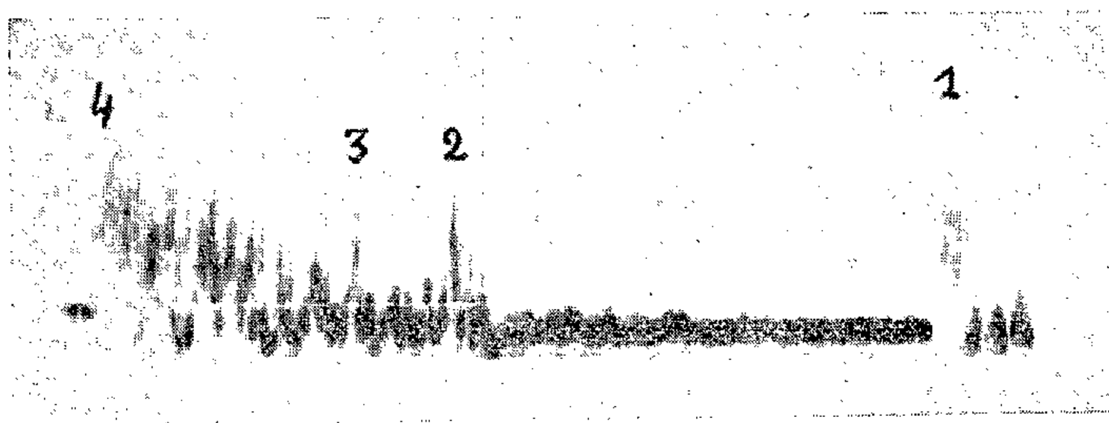


Fig. 3. — 1, écho de fond; 2 et 3, échos; 4, top de départ. Pose : 1/25e de seconde.

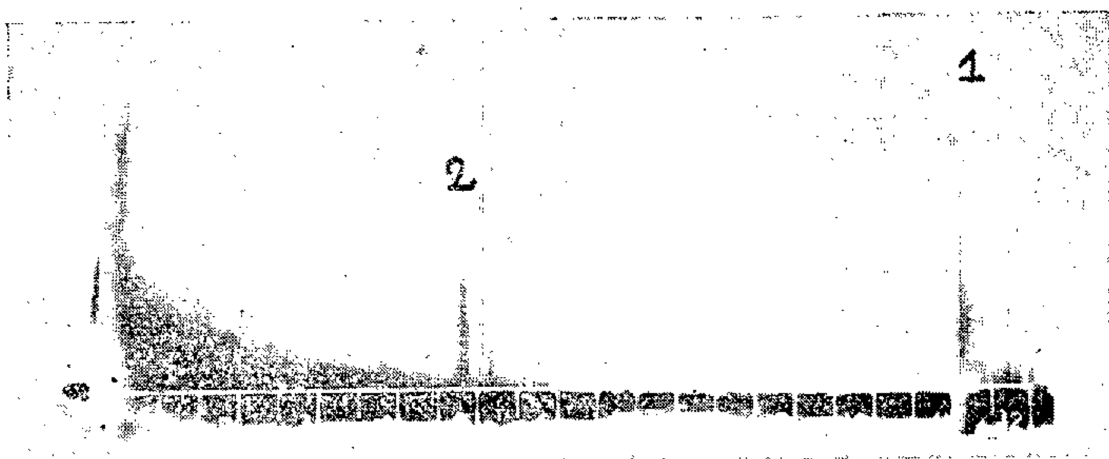


Fig. 4. — Palpeurs en mouvement. Seul l'écho 2 reste. Pose : 30 s.

Lorsque des discontinuités internes sont présentes dans la pièce à explorer, l'écho qu'elles fournissent peut être masqué par ces échos supplé-

mentaires. De même, ceux-ci peuvent quelquefois être confondus avec des échos de défauts. C'est ce que montre l'oscillogramme de la figure 3 pris au 1/25ᵉ de seconde, où les échos 2 et 3 ont une égale importance. Si nous profitons du pouvoir d'intégration de la plaque photographique, nous nous affranchissons des échos parasites. Pour cela, nous effectuons une pose de 30 s, en déplaçant faiblement et continuellement les palpeurs. Les échos parasites, mobiles en position et intensité, forment sur la plaque un brouillard continu, alors que les échos de défauts, plus constants, sont nettement marqués. C'est ce que montre l'oscillogramme de la figure 4, pris sur la même pièce que celui de la figure 3. L'écho 2 est donc bien l'écho d'un défaut alors que l'écho 3 est un écho parasite. En effet, on ne le retrouve plus sur l'oscillogramme.

Nous pensons que le même résultat d'intégration pourrait être obtenu par l'emploi d'un oscillographe cathodique dont l'écran serait doué d'une grande rémanence lumineuse. C'est le montage que nous essayons actuellement de réaliser.

LIMNOLOGIE. — *Influence du Rhône sur l'état thermique du Lac Léman.* Note (*) de M. **Bernard Dussart** et Mˡˡᵉ **Marysette Suchet**, transmise par M. Pierre-P. Grassé.

Au cours du mois de mai 1952, des conditions météorologiques exceptionnelles ont permis des recherches thermiques opérées simultanément en deux points éloignés du lac. Ces recherches ont eu pour but de déterminer dans quelle mesure les eaux fluviales du Rhône modifiaient, au moment des crues printanières, la stratification thermique du lac.

A cet effet, des prises de température ont été effectuées en deux points situés aux deux extrémités du grand lac, toutes les heures, tous les mètres, de 0 à 40 m et tous les 10 m au-dessous de cette profondeur, au moyen de deux électrothermomètres à thermistor Metrix (Annecy) (au total, 1143 lectures). Les deux bateaux utilisés pour ces recherches ont été maintenus fixés, par ancrage, au point fixe S. R. L. III, situé au large de Thonon, Rolle et Yvoire et par repérage sur la côte au point fixe S. R. L. IV, situé entre Saint-Gingolph et Vevey. Les données recueillies sont résumées dans le tableau ci-contre :

De ces données, on peut déduire les conclusions suivantes :

1° En un point donné, la température des eaux du lac se maintient à peu près stable au cours d'une journée. La période d'éventuelles seiches internes est trop grande (un peu plus de quatre jours), pour être mise en évidence en 10 h d'observations continues seulement. Il convient cepen-

(*) Séance du 29 septembre 1952.

dant de signaler les variations assez importantes des conditions de température en profondeur vers 12 h aussi bien vers 10 m que vers 70 m de profondeur au point IV et seulement au-dessous de 30 m au point III.

2° Une nette différence existe entre les données recueillies au point III et celles du point IV. En ce dernier point, il faut attribuer à l'influence des eaux du Rhône (dont la température est d'environ 9,5° C à cette époque) le relèvement des isothermes 10, 11 et 12° par rapport à leur position au point IV, ainsi que l'approfondissement des isothermes 9, 8 et 7°.

Le Rhône amène donc, vers 9, 10°, des eaux à cette température, eaux qui, une fois partiellement mélangées avec les eaux chaudes de surface, à leur arrivée dans le lac, atteignent 10-11° et stagnent à 15-25 m de profondeur.

Isothermes.

Point S. R. L. (III).

T	Profondeur en mètres.										
(°C).	8 h.	9 h.	10 h.	11 h.	12 h.	13 h.	14 h.	15 h.	16 h.	17 h.	18 h.
16...	–	–	–	–	0,15	0,40	0,5	–	–	–	–
15...	–	–	0,0	0,7	1,0	1,0	1,1	1,0	0,0	0,4	1,2
14...	4,5	3,6	3,0	2,5	3,5	3,80	4,0	4,0	4,2	3,7	3,1
13...	5,0	5,10	4,5	4,3	4,5	5,5	5,30	6,0	6,0	6,2	6,0
12...	8,8	8,5	7,5	7,5	6,8	7,0	6,5	7,5	7,7	9,0	9,3
11...	18,8	22,6	22,5	22,5	21,8	20,0	19,2	18,5	20,2	20,0	18,5
10...	29,9	29,9	29,3	28,8	28,5	28,4	27,2	27,3	27,5	26,9	27,5
9...	32,6	32,0	32,0	31,1	30,3	29,1	28,4	28,8	29,6	28,9	29,8
8...	34,0	33,6	32,6	32,5	32,0	29,6	32,0	30,1	31,0	30,5	33,0
7...	34,9	34,2	34,0	34,4	38,0	34,2	37,0	36,2	36,9	34,7	35,9
6...	60,0	59,0	57,0	55,0	63,0	54,0	60,0	56,0	57,0	58,2	58,1

Point S. R. L. (IV).

	Profondeur en mètres.										
	8 h 15.	9 h.	10 h.	11 h.	12 h.	13 h	14 h 10.	15 h.	16 h.	17 h.	17 h 45.
16...	–	–	–	–	–	1,70	0,50	0,50	0,80	0,80	0,5
15...	–	–	1,3	1,10	1,10	3,0	1,10	1,10	1,20	1,25	1,25
14...	–	1,0	2,0	2,50	2,30	4,5	1,80	4,0	2,0	2,70	2,80
13...	1,80	1,80	3,0	3,3	3,80	5,6	2,40	5,10	3,30	4,20	3,60
12...	2,50	2,50	5,0	8,0	5,90	8,3	5,20	6,70	8,20	9,20	11,40
11...	15,80	12,50	11,8	14,0	8,70	17,1	13,75	12,0	13,75	13,20	14,50
10...	22,0	23,20	24,0	28,2	27,5	26,8	26,6	25,8	26,2	26,0	25,5
9...	28,2	28,75	30,7	34,3	31,9	29,8	30,1	29,5	29,3	29,5	28,2
8...	33,75	33,75	35,6	37,2	37,2	38,0	31,5	32,3	31,75	31,7	33,20
7...	43,0	42,0	44,5	46,5	46,80	47,0	38,75	41,2	40,0	40,0	38,75
6...	55,0	54,0	60,0	62,5	77,0	68,0	58,50	58,0	58,0	57,5	55,5

Ces observations sont confirmées en les comparant aux données recueillies simultanément sur le débit du Rhône. Variable suivant l'heure, ce débit, d'environ 234 m³/s, présentait, le 28 mai 1952, une pointe à 9 h, avec un débit de 280 m³/s, pointe correspondant au maximum journalier de débit du Rhône. Or, en décalant dans le temps, de 3 h, la courbe des variations de débit du Rhône, on trouve, *grosso modo*, la courbe isotherme 11° ou l'isotherme 6° renversée ! Ceci tend à montrer que le lac enregistre, même à 4,500 km de son embouchure, les variations de débit du Rhône, avec cependant un décalage d'environ 3 h.

Ces observations réfutent l'opinion de Gorceix et Kreitmann [1] qui voulaient voir le Rhône coulant au fond ou se mélangeant rapidement avec les eaux lémaniques; s'il y a mélange, celui-ci n'est que partiel et n'intéresse que les eaux superficielles. Ces auteurs ont eu, d'autre part, leurs observations entachées d'erreurs par suite de l'existence d'ondes internes empêchant la comparaison aisée d'observations effectuées à plusieurs jours d'intervalle.

Dans une masse d'eau en perpétuel mouvement telle que le Léman, les observations n'ont de valeur que si elles sont faites simultanément ou dans les délais les plus brefs, dans la mesure où une série d'observations n'est pas possible pour prendre en considération les ondes progressives ou stationnaires pratiquement toujours présentes.

PHYSIOLOGIE VÉGÉTALE. — *Action de l'hydrazide maléique sur la teneur en substances glucidiques du tissu libérien de racine de Carotte cultivé* in vitro. Note (*) de M. **Chryssanthos Phouphas**, présentée par M. René Souèges.

L'hydrazide maléique inhibe faiblement la croissance du tissu, jusqu'à la concentration de 10^{-5}, en présence d'acide indole-acétique. A concentration convenable, elle provoque une exaltation de la mise en réserve du saccharose au début de la culture, exaltation qui est ensuite remplacée par une destruction rapide de ce sucre; elle exerce également une action inhibitrice sur la transformation du glucose en fructose.

Nous avons déjà montré [1] que l'hydrazide maléique (H. M.) provoque une élévation du taux du saccharose dans les tissus de Topinambour cultivés *in vitro*; nous avons repris ces expériences en utilisant du parenchyme libérien de racine de Carotte. Des cultures ont été faites sur quatre milieux renfermant 10^{-8} d'acide indole-acétique; l'un sans H. M., les autres en contenant 10^{-8},

---

(1) *Sect. intern. Hydrol. Sc.*, 1929, p. 1-11.

(*) Séance du 6 octobre 1952.

(1) C. Phouphas et A. Goris, *Comptes rendus*, **234**, 1952, p. 2002; C. Phouphas *IIe Congrès intern. de Biochimie*, Paris, 1952; *Bull. Soc. Chim. biol.* (sous presse).

10^{-5} et 10^{-3}. Après 16, 32 et 64 jours, à l'obscurité à la température de 20°, 10 cultures ont été prélevées dans chaque série, pesées et analysées. Les résultats sont rassemblés dans le graphique et les tableaux I et II.

TABLEAU I.

Taux des glucides (en % de matière sèche) *contenus dans des fragments de parenchyme libérien de racine de Carotte cultivés en présence de diverses doses d'hydrazide maléique.*

Conditions......	Glucose (g).			Fructose (g).		
Tissu initial.....	28,55.			16,4.		
	Durée de culture.			Durée de culture.		
	16 j.	32 j.	64 j.	16 j.	32 j.	64 j.
Témoin (H.M.O.).	17,4	15,55	13,6	6,25	7,8	7,8
H. M. 10^{-8}......	25,7	14,05	18,85	8,4	7,05	5,45
H. M. 10^{-5}......	24,75	17,15	14,95	10,45	9,45	2,15
H. M. 10^{-3}......	38,35	40	76,5	5	10,5	1,5

Conditions......	Saccharose (g).			Sucres totaux (g).		
Tissu initial.....	12,85.			57,8.		
	Durée de culture.			Durée de culture.		
	16 j.	32 j.	64 j.	16 j.	32 j.	64 j.
Témoin (H.M.O.).	20,1	28,4	28	43,75	51,75	49,4
H. M. 10^{-8}......	23,35	28,9	9,4	57,45	50	33,7
H. M. 10^{-5}......	28,55	35,2	13,9	63,75	61,8	31
H. M. 10^{-3}......	7,2	6,85	0	50,55	57,35	78

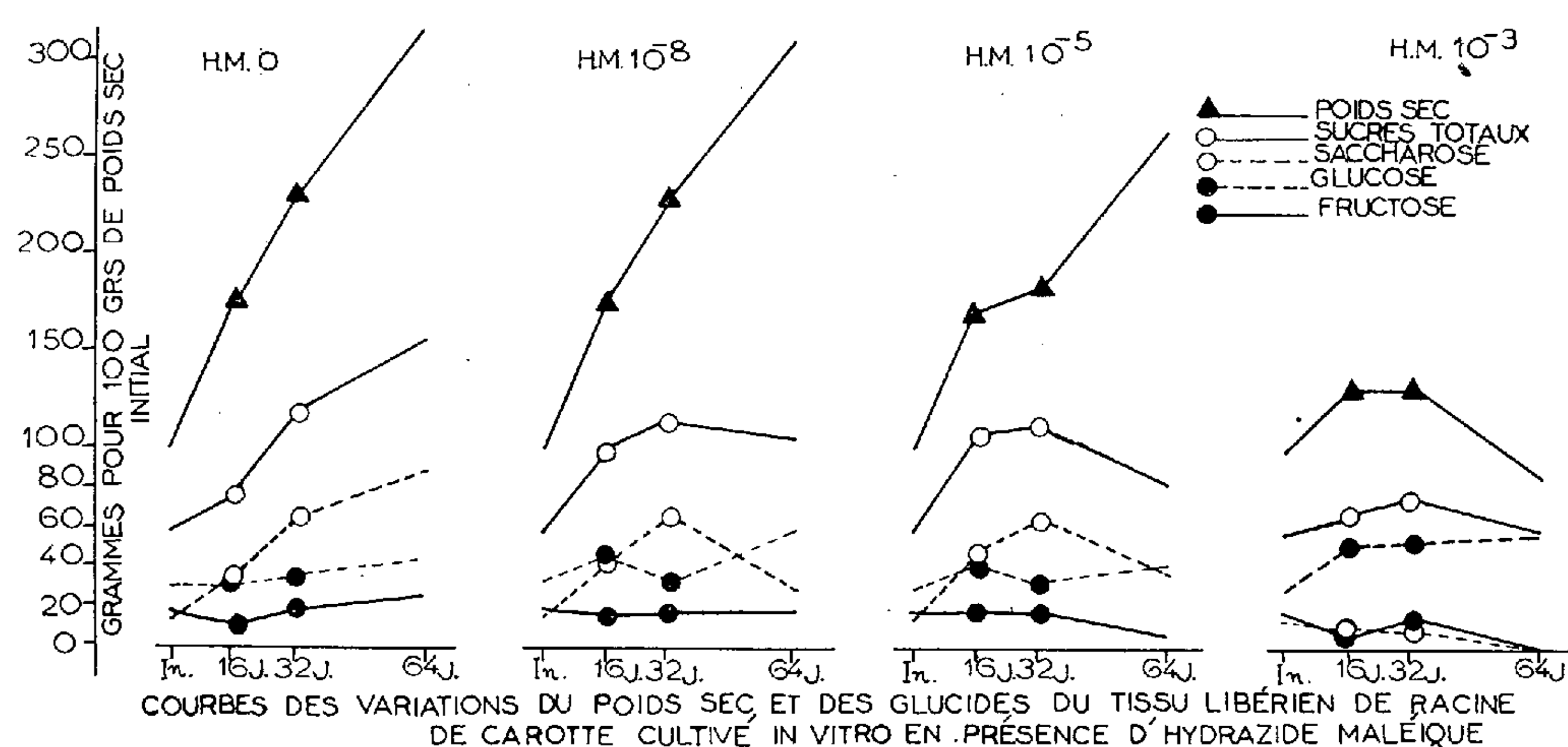
TABLEAU II.

Variations du poids sec et de la teneur en glucides au cours de la culture de fragments de tissu libérien de racine de Carotte en présence de diverses doses d'hydrazide maléique (valeurs exprimées par rapport à 100 g de tissu sec initial).

Conditions...	Poids sec (g).			Glucose (g).			Fructose (g).		
Tissu initial.	100.			28,55.			16,4.		
	Durée de culture.			Durée de culture.			Durée de culture.		
	16 j.	32 j.	64 j.	16 j.	32 j.	64 j.	16 j.	32 j.	64 j.
H. M. O.......	175,5	229	317,85	30,55	35,6	43,2	10,95	17,85	24,8
H. M. 10^{-8}....	173,5	228	310	44,6	32,05	58,45	14,55	16,05	16,9
H. M. 10^{-5}....	169	182,85	262,85	41,8	31,35	39,3	17,65	17,3	5,65
H. M. 10^{-3}....	133,5	133	76,45	51,2	53,2	58,5	6,65	13,95	1,15

Conditions...	Saccharose (g).			Sucres totaux (g).		
Tissu initial.	12,85.			57,8.		
	Durée de culture.			Durée de culture.		
	16 j.	32 j.	64 j.	16 j.	32 j.	64 j.
H. M. O.......	35,25	65,05	89	76,75	118,5	157
H. M. 10^{-8}....	40,5	65,9	29,15	99,65	114	104,5
H. M. 10^{-5}....	48,25	64,35	36,55	107,7	113	81,5
H. M. 10^{-3}....	9,6	9,1	0	67,45	76,25	59,65

L'examen du tableau I révèle l'action toxique de H. M. à la dose de 10^{-3} (l'élévation du taux de glucose résulte de l'inhibition du tissu mort par le liquide du milieu) et montre une augmentation du taux de saccharose en relation avec la teneur du milieu en H. M., pendant les 32 premiers jours; ceci confirme les résultats obtenus sur le Topinambour. L'examen du tableau II et du graphique fournit, par contre, des indications plus complètes sur la croissance et le comportement des sucres au cours de la culture. La croissance est peu gênée pour le taux de 10^{-8}, plus nettement pour 10^{-5}, rapidement annihilée pour 10^{-3}; ces résultats s'écartent un peu de ceux de Gautheret [2], qui indique une inhibition presque totale pour 10^{-5}; mais cet auteur ayant opéré en l'absence d'acide indole-acétique, la différence peut s'expliquer par l'antagonisme entre les deux corps déjà signalé [3]. L'H. M. ne favorise donc la synthèse du saccharose que pendant les 16 premiers jours, la production étant freinée ensuite jusqu'à 32 jours; au delà de ce temps il y a perte de ce sucre, alors que le témoin continue d'en produire. Cette chute peut être expliquée par une action toxique progressive de l'H. M. sur le mécanisme enzymatique de synthèse du saccharose, cette action n'ayant qu'une faible répercussion sur la vitalité du tissu. Il faut souligner aussi que la dose de fructose s'accroît un peu dans le témoin, alors qu'elle reste constante ou diminue dans les fragments soumis à l'action de l'hydrazide maléique.



COURBES DES VARIATIONS DU POIDS SEC ET DES GLUCIDES DU TISSU LIBÉRIEN DE RACINE DE CAROTTE CULTIVÉ IN VITRO EN PRÉSENCE D'HYDRAZIDE MALÉIQUE

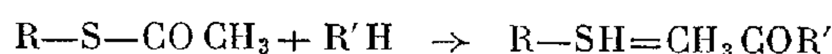
(2) *C. R. Soc. Biol.*, séance du 14 juin 1952.

(3) R. Gautheret, *Comptes rendus*, 234, 1952, p. 2218.

PHYSIOLOGIE VÉGÉTALE. — *Action de la mercaptoéthylamine et de la mercaptothiazoline sur quelques tissus végétaux cultivés* in vitro. Note (*) de M. **Robert Bouriquet**, présentée par M. Roger Heim.

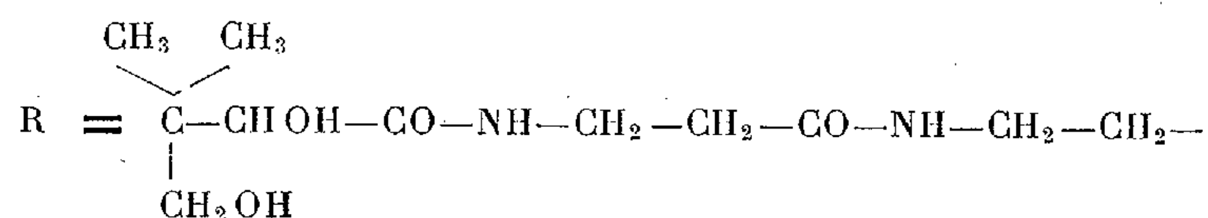
La mercaptoéthylamine et la mercaptothiazoline stimulent la prolifération des tissus de Crown-Gall, mais sont sans action sur les tissus de Carotte et de Topinambour.

Parmi les dérivés sulfhydrilés dont la présence a été signalée chez les êtres vivants, la β-mercaptoéthylamine ($HS—CH_2—CH_2—NH_2$) joue un rôle de tout premier plan (1), car elle peut être considérée comme le constituant responsable de l'activité du coenzyme A. Combinée à l'acide pantothénique, cette amine est en effet capable d'activer les groupements acétylés des tissus vivants et de catalyser de cette sorte la fixation de ces groupements sur divers récepteurs biochimiques. La réaction s'effectue de la façon suivante :



$$R—S—CO\,CH_3 + R'H \rightarrow R—SH = CH_3COR'$$

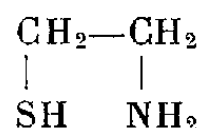
où



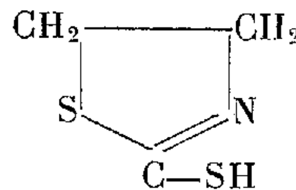
$$R = \underset{\displaystyle CH_2OH}{\overset{CH_3\ \ CH_3}{C}}—CHOH—CO—NH—CH_2—CH_2—CO—NH—CH_2—CH_2—$$

R, dans ce cas, correspond au reste pantoyl-, alanilyl-cystéamine, et R′ peut être de nature variable (amine, acide aminé, acide gras, etc.). La biogénèse d'un grand nombre de constituants tissulaires peut ainsi s'expliquer. Si par exemple nous admettons que R′ est une molécule d'acide acétique, l'acétylation de cette molécule aboutit à l'acide acétylacétique $CH_3CO\,CH_2COOH$, origine des divers acides gras supérieurs de la matière vivante.

Partant de telles considérations, il nous a paru intéressant d'étudier l'influence de la mercaptoéthylamine (I) sur la culture de certains tissus végétaux et de comparer les effets observés à ceux de la mercaptothiazoline (II) qui est un analogue structural de (I), étant donné que les atomes d'azote et de soufre sont disposés de façon identique dans les deux molécules.



(I)



(II)

(*) Séance du 22 septembre 1952.

(1) Snell et Coll., *J. Amer. Chem. Soc.*, 72, 1950, p. 5349; voir aussi Z. M. Bacq et Coll., *Archives internationales de Physiologie*, 59, 1951, p. 442-447.

Pour cela nous avons cultivé divers tissus végétaux sur des milieux additionnés de mercaptoéthylamine et de mercaptothiazoline à des doses allant de 10^{-8} à 10^{-4}. Ces expériences ont révélé que les deux composés exercent une action excito-formatrice nette sur les tissus de Crown-Gall de Scorsonère, qui, comme l'a montré Gautheret, sont insensibles aux hétéro-auxines.

La mercaptothiazoline peut doubler la vitesse de croissance par rapport aux cultures sans facteur de division. La mercaptoéthylamine favorise elle aussi de façon très notable le développement de tissus de Crown-Gall de Scorsonère.

Par contre, l'action excito-formatrice de ces deux composés est extrêmement faible vis-à-vis de la souche de tissus de Carotte isolée par Gautheret en 1937. Enfin ils n'exercent aucune action sur le parenchyme vasculaire de Topinambour, ni sur les plantules de Blé ou de Radis cultivées aseptiquement, si ce n'est une inhibition aux fortes doses (10^{-4}).

Ceci permet d'affirmer que la mercaptoéthylamine et la mercaptothiazoline n'ont pas une activité auxinique, car les substances de ce type stimulent la prolifération du parenchyme vasculaire de Topinambour, incapable de proliférer en absence d'hétéro-auxine.

Leur action sur le Crown-Gall rappelle celle qui est exercée par le lait de coco (²); mais leur absence d'action sur les tissus de Topinambour les distingue de cette substance.

Indiquons pour finir que la mercaptoéthylamine et la mercaptothiazoline sont les premières substances définies, actuellement connues, qui soient capables de stimuler la prolifération des tissus de Crown-Gall.

PHYSIOLOGIE VÉGÉTALE. — *Variations des « cornets foliaires » tératologiques du* Linum usitatissimum L. Note de M. **Lucien Plantefol**, présentée par M. Roger Heim.

Les variations rencontrées (feuilles adhérentes au cornet, insertion hélicoïdale), confirment que le cornet foliaire est dû au développement simultané, un peu inégal parfois, de tout l'anneau initial.

Une Note précédente (¹) a montré comment les « feuilles soudées en cornet », produites chez le Lin, après traitement par le (2.4-D), tirent leur origine du développement simultané de tout l'anneau initial dans le point végétatif soumis à l'action de l'hormone. Cette constatation impose que les primordiums foliaires formés antérieurement à cette action ne soient

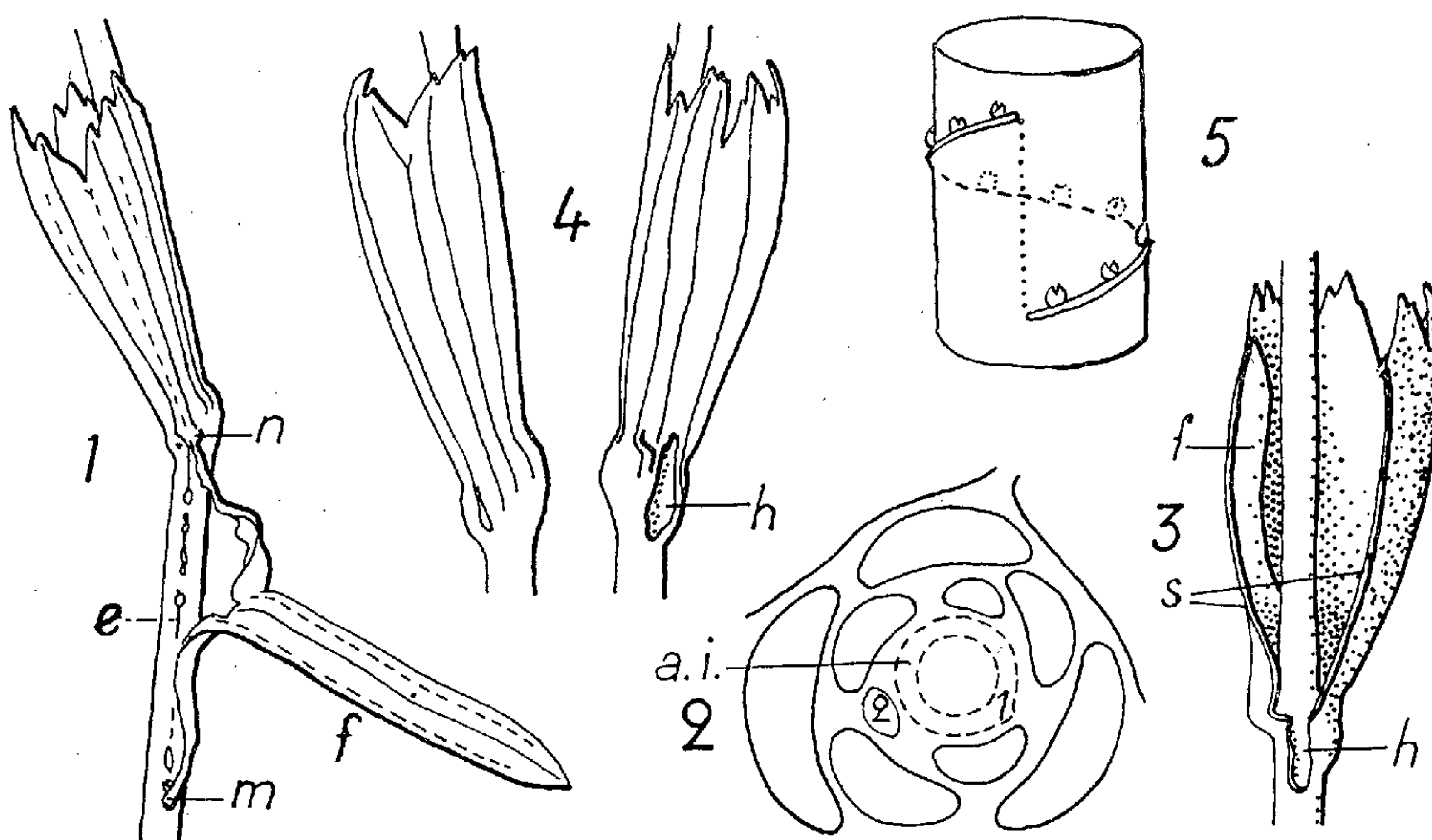
(²) L. Duhamet, *Comptes rendus*, 229, 1949, p. 1353.

(¹) *Comptes rendus*, 235, 1952, p. 389.

pas troublés dans leur développement et achèvent leur croissance en feuilles sans anomalies. Ainsi seulement peut être réalisé au milieu de feuilles normales un cornet de forme parfaite, inséré suivant une circonférence sur la tige qui demeure rectiligne.

Des *anomalies* diverses explicitent les relations existant entre le cornet foliaire et les feuilles précédemment ébauchées.

1. L'une de ces anomalies est la *soudure* au cornet d'une feuille qui lui est extérieure et qui était nécessairement *la plus jeune feuille à l'état de primordium* au moment de l'action du 2.4-D. Par exemple (*fig.* 1), la



Linum usitatissimum L. — 1, feuille *f* partiellement soudée à un cornet. Entre *m* et *n* s'étend suivant une génératrice *e* la trace de l'insertion, déchirée par la croissance; × 2; 2, schéma du point végétatif; *i*, anneau initial; 1, initium; 2, premier primordium; 3, cornet fendu longitudinalement; les bords *s* écartés laissent voir en *f* la moitié gauche d'une feuille, libre à l'intérieur du cornet; *h*, déchirure spontanée; × 2; 4, les deux faces d'un cornet à insertion hélicoïdale; *h*, déchirure; × 2,2; 5, schéma de l'insertion hélicoïdale et bourgeons axillaires.

feuille *f*, identifiée par une pointe et une nervure principale uniques, comportait une insertion très anormale, pour une part en *n* contre la base du cornet foliaire à laquelle elle se soudait, pour une part en *m*, 20 mm plus bas sur la tige; le long d'une génératrice unissant ces deux demi-insertions, une cicatrice *e* marquait la déchirure progressive de la feuille, réalisée du fait de l'allongement de la tige, le cornet ayant développé un segment foliaire tubulaire, occupant, sur cette génératrice, la longueur *mn*. Le limbe de la feuille *f*, déchiré jusqu'à moitié, demeurait totalement libre du limbe du cornet.

Ainsi un *primordium* en cours d'édification (*fig.* 2, primordium 2) s'était trouvé adhérer au cornet foliaire formé après lui (à partir de l'anneau

initial, *a. i.*); la feuille développée marquait par les deux extrémités de son insertion, en *m* le point précis où le tracé phyllotaxique faisait prévoir la réalisation d'une feuille, sur la tige normale, en *n* le point où l'adhérence au cornet eût entraîné la feuille tout entière. Je n'ai rencontré aucun exemple de feuille demeurée entière et soudée à la base du cornet extérieurement à lui.

2. Un autre type d'anomalie peut se manifester dans le cornet lui-même : *de l'intérieur du cornet* peut se détacher, à mi-hauteur, une pointe foliaire normale, ou encore (*fig.* 3) une feuille entrant dans la constitution du cornet par une moitié longitudinale de son limbe, se trouve libre par l'autre moitié *f* à l'intérieur du cornet régulièrement fermé. Divers faits montrent que la feuille partiellement individualisée est l'initium 1 du schéma 2.

3. Des *tractions*, dues sans doute aux différences qui existent entre les divers secteurs de l'anneau initial, se manifestent souvent à la base du cornet. Au lieu de s'insérer suivant une circonférence, le cornet s'insère alors sur *un pas d'hélice* (*fig.* 4 et 5) et une *déchirure* se produit au décrochement, ouvrant une fenêtre *h*, à la base du limbe. Cette réalisation rappelle les « verticilles hélicoïdaux » rencontrés chez le *Lilium pardalinum* L. Parfois la déchirure due à la traction affecte même les tissus corticaux de la tige. Enfin, très souvent, le cornet, au lieu d'être disposé régulièrement autour d'un axe droit comme lorsque l'insertion est circulaire, se trouve incliné contre la tige qui est déviée au niveau de l'insertion du cornet.

Tous ces faits précisent l'interprétation du cornet apportée précédemment. Les uns affirment que les feuilles formées avant l'action du 2.4-D conservent leur *indépendance*; le cornet n'est pas dû à la *soudure* de feuilles préformées. Les autres montrent que la réaction à l'hormone, parfaite dans certains cas où se réalise une insertion circulaire, n'efface pas toujours les *conditions de fonctionnement* des divers secteurs de l'anneau; normalement, leur développement est *successif*; sans doute l'expérience quantitative montrera-t-elle qu'il faut une concentration voulue de 2.4-D pour que le développement de tout l'anneau demeure simultané.

HISTOLOGIE VÉGÉTALE. — *Nature des éléments sclérenchymateux de la tige du* Lactoris fernandeziana *Philippi et position systématique des Lactoridacées.* Note (*) de M. **Robert Lemesle**, présentée par M. René Souèges.

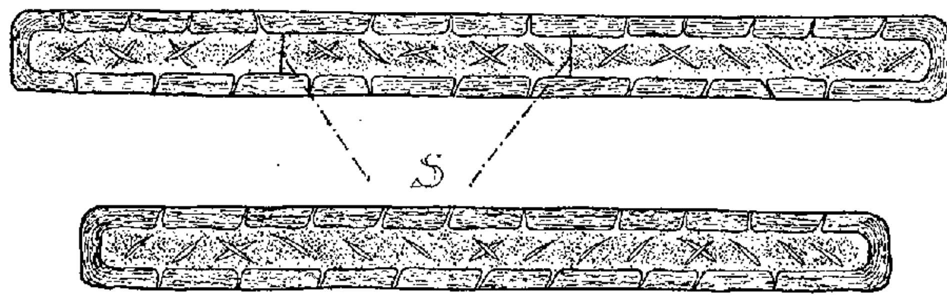
Le prosenchyme ligneux des tiges âgées du *Lactoris* se compose uniquement de fibres libriformes. Les cordons de stéréome péricyclique sont constitués par des bra-

(*) Séance du 6 octobre 1952.

chyscléréides et par des macroscléréides; on y remarque aussi des éléments qui diffèrent de ces dernières par leurs fentes fortement étirées en forme de boutonnières. Les Lactoridacées doivent être classées dans les Dicotylédones Apocarpiques.

La structure de la tige du *Lactoris fernandeziana* Philippi a surtout été décrite par Mac Laughlin ([1]) ainsi que par Record et Hess ([2]). Ces auteurs signalaient dans le bois la présence de courtes fibres, pourvues de nombreuses ponctuations aréolées, longuement dépassées par les ouvertures. Afin de savoir s'il s'agit de fibres trachéides, nous avons examiné des tiges âgées de cette espèce endémique de l'île Juan Fernandez.

Les fibres constituent l'élément prédominant du cylindre ligneux continu, lequel entoure une moelle réduite et entièrement sclérifiée. Vues en section transversale, elles affectent la forme quadrangulaire à angles plus ou moins mousses; leur longueur varie ordinairement de 200 à 360 μ et leur diamètre de 12 à 26 μ; l'épaisseur de la paroi ne dépasse guère 3 μ. Les faces tangentielles et radiales sont munies de fentes obliques et croisées en X, très nombreuses et rapprochées; mais les aréoles, quand elles existent, sont extrêmement réduites (à peine 1 μ de diamètre), et, le plus souvent, elles ont complètement disparu. Nous pouvons ainsi affirmer que le prosenchyme du *Lactoris* se compose de fibres libriformes.



Lactoris fernandeziana Philippi. — Éléments sclérenchymateux péricycliques, à paroi munie de ponctuations en forme de boutonnières obliques, parfois croisées. S, septa.

Les mêmes auteurs signalaient d'autre part la présence d'arcs fibreux péricycliques. L'examen des coupes longitudinales montre ces paquets de stéréome constitués non pas par des fibres, mais par des scléréides : Nous remarquons tout d'abord des « brachyscléréides » d'environ 35 μ. Plus fréquemment, les éléments s'allongent, atteignant 60 à 80 μ sur un diamètre de 30 μ; il en existe aussi dont la longueur s'élève jusqu'à 150 μ; leurs extrémités sont tronquées ou arrondies, leurs parois percées de canalicules circulaires simples ou ramifiés. Nous constatons ainsi la prédominance des « macroscléréides ».

D'autre part, dans ces mêmes paquets de stéréome, certains éléments se distinguent par la section fortement étirée de leurs ponctuations; ici,

([1]) *Tropical Woods*, 34, 1933, p. 3.
([2]) *Timbers New World*, New-Haven, 1943, p. 640.

les canalicules circulaires font place à de véritables fentes obliques, assez rapprochées, parfois entrecroisées en X. La longueur de ces éléments peut atteindre 300 μ; leurs extrémités sont toujours tronquées. Leur cavité se montre tantôt entière, tantôt divisée par 1 ou 2 minces septa. Nous nous trouvons ici en présence d'un type intermédiaire fort curieux, analogue aux macroscléréides par l'allongement dans le sens longitudinal et la forme des extrémités, mais qui s'en écarte sensiblement par l'étirement accentué des ponctuations, particularité si fréquente chez les fibres.

La plupart des systématiciens ont classé, parmi les Dialypétales Apocarpiques, la famille des Lactoridacées qui a pour unique représentant le *Lactoris fernandeziana.* Mac Laughlin, se basant sur la structure du xylème, la place dans l'ordre des Pipérales. Nous ne partagerons pas cette opinion : Chez le *Lactoris*, les formations libéroligneuses se réunissent en un cercle complet, à bois très développé. Au contraire, chez les Pipéracées et les Saururacées, les faisceaux conducteurs restent distincts. De plus, le *Lactoris* se rapproche des familles d'Apocarpiques et s'écarte de la plupart des Pipérales par l'ovule anatrope et l'absence de périsperme. A notre avis, la famille qu'il représente doit être classée parmi les Dialypétales Apocarpiques à fleurs cycliques, à proximité des Ménispermacées.

CHIMIE VÉGÉTALE. — *Contribution à l'étude des substances sulfurées volatiles de quelques graines de Crucifères (choux fourragers).* Note de M. **Émile André** et M[lle] **Marie Carbouères**, présentée par M. Marcel Delépine.

Poursuivant des recherches antérieures nous nous sommes proposé de vérifier la présence et, si possible, la nature des composés sulfurés volatils qui existent dans les graines de diverses espèces de choux fourragers cultivés en France. Les raisons qui ont orienté ce choix seront développées dans un autre recueil. Contentons-nous d'indiquer qu'on a pu établir, au cours des dernières années, que le colza, *Brassica napus* L. variété *Oleifera* D. C., est une espèce hybridogène amphidiploïde provenant du croisement d'un chou, *Brassica oleracea* L. et de la navette *Brassica rapa* L. D'heureux essais de synthèse de semblables hybrides ont été réalisés récemment par des généticistes suédois.

Nous avons montré en 1947 [1] que les graines de colza contiennent des composés sulfurés volatils préformés, à odeur de chou qui rendent malodorante l'huile brute extraite de ces graines. Les graines de navette ne présentent ce défaut qu'à un degré beaucoup moindre et donnent une huile directement consommable. C'est certainement à son hérédité-chou que le colza doit ce défaut, aussi avons-nous estimé intéressant d'entreprendre

---

(1) *Annales agronomiques*, 17, 1947, p. 393.

quelques recherches sur les graines de choux; nous en donnons ici les premiers résultats.

Pour démontrer que les graines étudiées contiennent des composés sulfurés volatils préformés, nous avons dosé le soufre total : 1° dans les graines simplement broyées, et 2° dans les mêmes graines broyées et séchées à l'étuve jusqu'à poids constant. Les résultats des déterminations opérées sur divers échantillons de graines (de provenance commerciale) figurent dans le tableau suivant :

Noms des variétés.	Eau et matières volatiles à 105°.	Soufre pour 100 (*) dans les graines non séchées.	dans les graines séchées à 105°.	Perte de soufre constatée.
Cavalier à vaches (Delbard)	6,8	1,12	1,04	0,08
Cavalier à vaches (Vilmorin)	7,0	1,08	1,00	0,08
Cavalier (Truffaut)	8,4	1,03	0,82	0,21
Fourrager vert (Simon)	5,8	1,06	0,96	0,10
Fourrager de la Sarthe (Clause)	7,4	1,20	1,13	0,07
Branchu du Poitou (Clause)	6,6	1,03	1,03	0,00
Branchu du Poitou (Delbard)	6,8	1,14	0,96	0,18

(*) Quantités rapportées à 100 g de graines sèches.

Tous les échantillons examinés, sauf un, ont perdu des composés sulfurés volatils sous la seule action de la chaleur. Les quantités de soufre ainsi dégagées varient dans des limites allant de 0,06 à 0,21 g %. Si, comme nous avons des raisons de le croire, on a affaire aux premiers termes de la série des mercaptans et des sulfures d'alcoyles, c'est environ 0,30 g % de ces composés qui existeraient dans l'échantillon de graines n° 3.

Nous avons signalé en 1950 (²) que si l'on fait circuler pendant un temps assez long (45 m à 1 h) un courant de vapeur sur des tourteaux de Crucifères à huile, divisés en menus fragments, on constate un dégagement de composés sulfurés qui proviennent de l'action dissociante de la vapeur sur des molécules sulfurées complexes. Nous avons reconnu que c'est à la décomposition des hétérosides générateurs de sénevols, que ce phénomène est en grande partie imputable. Nous avons tenu à vérifier que les tourteaux de nos graines soumis au même traitement, se comportent de façon semblable. Les tourteaux ont été obtenus au laboratoire par pression hydraulique à la température de 60-70°. Les composés sulfurés volatils préexistants se dégagent, presque entièrement, pendant l'étuvage et les derniers restes sont entraînés par l'huile.

Les résultats obtenus en dosant le soufre dans ces tourteaux avant et après l'action de la vapeur, figurent dans le tableau ci-après.

(²) *C. R. Acad. Agriculture France*, 36, 1950, p. 570.

Noms des variétés.	Eau et matières volatiles à 105°.	Soufre pour 100 (*) dans les tourteaux nature.	dans les tourteaux cuits vapeur.	Perte de soufre constatée.
Cavalier à vaches (Delbard)	6,8	1,29	1,10	0,19
Cavalier à vaches (Vilmorin)	6,0	1,37	0,95	0,42
Cavalier (Truffaut)	7,4	1,24	0,90	0,34
Fourrager vert (Simon)	7,4	1,26	0,96	0,30
Fourrager de la Sarthe (Clause)....	6,6	1,34	1,00	0,34
Branchu du Poitou (Clause)	5,4	1,41	0,91	0,50
Branchu du Poitou (Delbard)	6,6	1,41	1,06	0,35

(*) Quantités rapportées à 100 g de tourteaux secs.

Ici encore on constate d'importants écarts entre les quantités de soufre dégagées par les diverses graines étudiées. Insistons particulièrement sur le dégagement maximum fourni par l'échantillon n° 6, soit 0,50 g %, en rappelant que ces mêmes graines ne contiennent pas de composés sulfurés directement volatils. Si la quantité de soufre entraînable par la vapeur (0,50 g %) provenait entièrement de la dissociation du glucoside dit « gluconapine », le tourteau devrait pouvoir fournir 1,76 g % de crotonylsénevol, quantité anormale et d'ailleurs inexacte (le dosage a donné 0,52 g). On doit donc conclure qu'une partie du soufre des substances protéiques doit se dégager sous l'action de la vapeur.

En résumé, le soufre total des graines étudiées peut être scindé en trois fractions : 1° soufre des composés directement volatils; 2° soufre provenant de molécules complexes scindées par l'action de la vapeur ou soufre entraînable et 3° soufre résistant à l'action de la vapeur ou soufre fixe.

PHYSIOLOGIE. — *Sur la consommation alimentaire dans la lutte contre la chaleur.* Note de M. **Alexandre Giaja**, présentée par M. André Mayer.

Il ressort d'observations sur le besoin alimentaire du Chien, durant les chaleurs estivales, que dans la zone de thermolyse, l'animal haletant durant la majeur partie de la journée, sa ration alimentaire d'entretien du poids est très notablement inférieure à celle de la neutralité thermique. Dès la cessation de la polypnée thermique, par suite de la modération des chaleurs, la même ration devient nettement insuffisante.

Lorsque la température ambiante varie à partir de la neutralité thermique vers le chaud ou le froid, des fonctions supplémentaires entrent en scène dans la thermorégulation de l'organisme homéotherme. Du côté du froid, la calorification augmente par la fonction de « thermorégulation chimique »; du côté du chaud apparaissent les fonctions de thermolyse, la sudation et la polypnée thermique. Ces fonctions de thermolyse nécessitent

un supplément de dépense énergétique s'ajoutant à la dépense de fond, de sorte que dans la lutte contre l'échauffement la production calorique totale devrait être augmentée; mais la déperdition calorique produite par ces mécanismes de thermolyse ferait plus que compenser les frais qu'ils nécessitent, de sorte que l'organisme, tout compte fait, tirerait avantage de ce moyen de résistance à l'échauffement. Ce sont les notions généralement admises en bioénergétique. Cependant, plusieurs auteurs ont signalé chez l'Homme une *baisse* des échanges gazeux dans la zone de thermolyse, par rapport au métabolisme de base (Wolpert, Marchak et Davidoff). Nous-même [1] avons décrit chez les Oiseaux (Oie, Dindon, Coq) une baisse de la consommation d'oxygène dès l'apparition de la polypnée thermique sans hyperthermie. S. Gelineo a étudié les modalités de ce phénomène chez la Tourterelle et d'autres homéothermes.

Nous apportons maintenant une contribution à cette question par des observations concernant la consommation alimentaire du Chien dans les conditions naturelles de plusieurs semaines de chaleurs estivales, la température à l'ombre de 33° environ pendant la journée, de 28° pendant la nuit. Dans ces conditions le Chien, un jeune pointer, Micky, du poids de 23 kg habitué depuis longtemps à son habitat et entourage était en état de polypnée thermique intense durant la majeure partie de la journée. Dans ces conditions il ne consommait pas entièrement une ration journalière composée de 250 g de pain, 50 g d'œuf en poudre et 50 g de lait en poudre, le tout à l'état de panade imbibée d'eau. Avec cette ration, pendant les chaleurs qui durèrent plusieurs semaines, le Chien, haletant pendant la journée, engraissa à vue d'œil. Lorsque les jours suivants la température baissa à 23-26°, la polypnée n'apparut plus. Maintenant la même ration était insuffisante, le Chien la dévorait dès qu'on la lui servait, et au bout de trois jours on fut obligé de l'augmenter pour faire cesser les manifestations de la faim. On augmenta alors la ration journalière à 400 g de pain, 100 g d'œufs en poudre et 100 g de lait en poudre. Cette ration ne suffit pas au maintien du poids.

Ces expériences alimentaires, faites dans les conditions climatiques naturelles et d'une durée prolongée, confirment les résultats mentionnés plus haut concernant les échanges gazeux dans les conditions expérimentales de laboratoire : dans la zone de thermolyse, malgré les dépenses supplémentaires, la consommation énergétique est très notablement au-dessous de celle de la neutralité thermique. Remarquons que dans nos expériences il ne s'agit pas d'inappétence à la chaleur, le sujet augmentant de poids. D'autre part, aux températures de 23-26° auxquelles la consommation alimentaire augmenta, il ne peut être question chez le Chien de calorification

(1) *Ann. Physiol. Physicochim. biol.*, 7, 1931.

dépassant les échanges de la neutralité thermique. On doit donc conclure que la thermorégulation chimique ne cesse pas de fonctionner aux températures supérieures, dans la zone de lutte contre l'échauffement, en abaissant les combustions au-dessous du niveau de celles de la neutralité thermique. La neutralité thermique n'est pas le point de la moindre calorification, mais c'est le point auquel les fonctions spéciales de thermorégulation, celles contre le refroidissement aussi bien que celles contre l'échauffement, sont au repos. Et c'est ce repos thermorégulateur que l'homéotherme cherche instinctivement à réaliser. Mais c'est dans la zone de thermolyse, tant que l'hyperthermie n'est pas apparue, que l'organisme fonctionne le plus économiquement, sinon le plus confortablement.

PSYCHOPHYSIOLOGIE. — *Régulation sociale et écartement des rayons chez les Abeilles.* Note (*) de M. **Roger Darchen**, présentée par M. Pierre-P. Grassé.

Dans une première série d'expériences ([1]) j'avais introduit à l'intérieur d'une ruche, entre deux rayons, un cadre vide portant deux lames de cire gaufrée légèrement décalées l'une par rapport à l'autre, dans le sens vertical. Les Abeilles les réunissent alors (*fig.* 3) ([2]), même si une planchette horizontale, intercalée entre les deux lames de cire, gêne le passage de l'une à l'autre. J'admettais alors que les Abeilles de la chaîne cirière formaient une sorte de pont, de part et d'autre de la planchette et que, par l'intermédiaire d'une régulation sociale hypothétique, elles réussissaient à raccorder exactement les deux lames de cire. Cette régulation me semblait donc s'exercer dans le sens vertical, comme si les ouvrières étaient attirées par les deux extrémités libres des deux plaques de cire à raccorder.

1° Cette hypothèse m'a paru infirmée par une expérience simple : si l'on suspend entre deux rayons un cadre vide porteur d'une seule languette de cire, décalée par rapport au plan médian, les Abeilles l'étirent en la ramenant dans ce plan (*fig. a*). Il n'existe pourtant ici aucune languette inférieure avec laquelle elles chercheraient le raccordement. J'étais donc en droit de supposer que la régulation signalée au début intervenait principalement, non pour raccorder les cires au-dessus et au-dessous de la planchette, *mais simplement pour maintenir une distance uniforme entre deux gâteaux de cire voisins.* Cette hypothèse paraît fortifiée par l'observation suivante : un jour les cirières posèrent les fondations d'un nouveau rayon dans un plan *perpendiculaire* aux rayons voisins; les jours suivants,

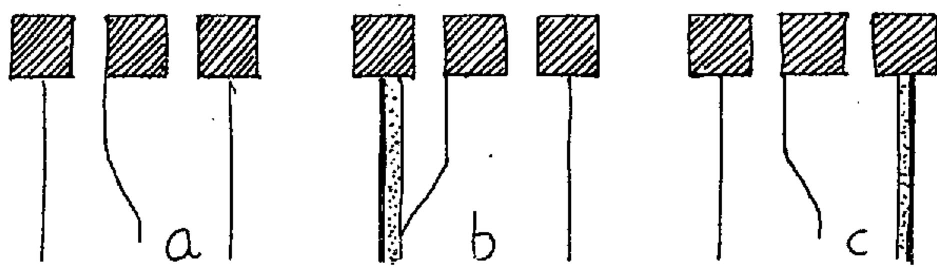
(*) Séance du 6 octobre 1952.

([1]) *Comptes rendus*, **234**, 1952, p. 671.

([2]) *Comptes rendus*, **234**, 1952, p. 672.

j'observai la torsion totale du rayon en construction, pour le remettre dans un plan parallèle et à la distance normale par rapport aux rayons voisins.

2° Est-ce la distance anormalement grande ou la distance anormalement petite entre les rayons voisins qui amène la déviation régulatrice du rayon en construction? En rapprochant ou en écartant ces rayons, il est facile de se rendre compte que seule la proximité anormale amène la déviation



En *a*, la lamelle de cire anormalement rapprochée d'un des rayons est déviée de façon à être remise dans le plan médian. En *b*, la cire est accolée au carton qui recouvre le rayon le plus rapproché. En *c*, une plaque de carton recouvrant le rayon le plus éloigné n'entraîne aucune réaction particulière, et la déviation se fait normalement.

en sens opposé, alors qu'au delà de l'écart normal les variations de la distance du rayon le plus éloigné n'ont aucune influence. Enfin, lorsque de chaque côté d'un rayon de cire en construction manque le rayon immédiatement voisin, on n'observe aucune régulation, et la direction perpendiculaire au sol est respectée.

3° Est-ce la présence d'une paroi de cire ou d'une « paroi d'Abeilles » (puisque les Abeilles recouvrent normalement les rayons d'un manteau très dense) qui induit la régulation ? Il semble que ce soit la cire. Si l'on recouvre de carton la face du rayon le plus rapproché de la cire en construction, la courbure se forme alors vers le carton (*fig. b*) et non dans le sens opposé comme dans les expériences précédentes. Par la suite, d'ailleurs, le carton est très rapidement déchiqueté par les ouvrières. Mais un morceau de carton collé au rayon le plus éloigné ne donne lieu à aucune réaction bien nette.

Notons que tous les apiculteurs savent que les rayons trop près des parois de la ruche s'y trouvent collés en fort peu de temps.

Les ouvrières recouvraient le carton et cependant la déviation a été inverse de ce qu'on observe lorsqu'il est enlevé. C'est donc la paroi de cire plutôt que la « paroi d'Abeilles », qui induit la régulation signalée plus haut. Mais je ne sais de quel ordre sont les stimuli grâce auxquels les ouvrières décèlent la présence de cette substance.

Le même raisonnement émis dans mon premier travail vaut, me semble-t-il, pour celui-ci : il est difficile d'admettre que ces régulations complexes soient le fait d'une ouvrière travaillant isolément; on ne voit pas comment elle pourrait tenir compte de l'écartement d'une paroi, qu'elle ne saurait

percevoir au moment où elle dépose la sécrétion cirière, puisque cette paroi lui est masquée par un dense rideau d'Abeilles en perpétuel déplacement. Il faut faire intervenir ici la chaîne cirière en tant qu'unité de comportement, comme je l'avais déjà suggéré.

HISTOLOGIE. — *Sur les différentes fibres conjonctives et sur la formation des basocytes*. Note de MM. **René Hissard, Louis Moncourier** et **Jean Jacquet**, présentée par M. Gaston Ramon.

Dans un cas d'hématodermie à mastocytes, nous avons démontré l'origine fibroblastique de ces cellules chez l'Homme ([1]) à ([3]). Nous avons, depuis, étudié la répartition des basocytes ([4]) chez le Rat, le Cobaye, le Chat, les bovins, ovins et équidés. Nous en avons retiré quelques notions générales que nous exposons ici.

Partout, les basocytes se forment constamment à partir des fibroblastes. Expérimentalement d'ailleurs, par injection d'héparine ([5]) ou d'acide hyaluronique ([5]), ([6]) ou par implantation de caillots sanguins ([7]), ([8]), on peut déclencher cette formation. Nous avons établi ([5]), ([8]) qu'elle se faisait, là encore, à partir des fibroblastes.

Nous avons pu distinguer, chez tous les sujets étudiés, des fibres et des cellules conjonctives d'âge et d'aspect différents et qui, en tout cas, par rapport aux basocytes, n'ont pas la même signification.

Certaines fibres sont courtes et épaisses. Elles forment un crible à larges mailles disposé « en éponge » et constituent la majeure partie du « squelette » des organes lymphoïdes (rate et ganglions lymphatiques). C'est le *reticulum* ou tissu réticulé des auteurs. Aux angles dièdres d'entrecroisement des fibres se trouvent des cellules conjonctives décrites par Henlé et Ranvier. Elles ne sont pas multipolaires, mais assez grandes, à gros noyaux et ne donnent jamais naissance à des basocytes (*fig.* 1).

D'autres fibres courtes, mais très fines celles-là, arachnéennes, réfringentes, forment la trame du tissu adipeux. Sur des coupes colorées exami-

---

([1]) R. Hissard, L. Moncourier et J. Jacquet, *Comptes rendus*, **231**, 1950, p. 253.

([2]) R. Hissard, L. Moncourier et J. Jacquet, *Presse Médicale*, **59**, 1951, p. 1765.

([3]) R. Hissard, L. Moncourier et J. Jacquet, *Ann. Méd.*, **52**, 1951, p. 583.

([4]) A l'appellation de mastocytes (de μαστός : mamelle) qui suppose un rôle, parfois justifié, de cellules-engrais, de réserve, nous préférons le terme de « basocytes » qui indique bien les affinités tinctoriales et qui rappelle le parallélisme avec les éosinocytes qui sont, d'ailleurs, eux aussi, d'origine fibroblastique.

([5]) R. Hissard, L. Moncourier et J. Jacquet, *Bull. Acad. Nat. Méd.*, **135**, 1951, p. 108.

([6]) Meneghini, *Giorn. Ital. Derm, e Sifil.*, **91**. 1950, p. 93.

([7]) C. Baeckeland, *C. R. Soc. Biol.*, **144**, 1950, p. 1005 et 1007.

([8]) R. Hissard, L. Moncourier et J. Jacquet, *C. R. Soc. Biol.*, 1952.

nées en vision stéréoscopique, elles apparaissent comme un microréseau à logettes polyédriques curvilignes, dont la cloison forme une sorte de voile

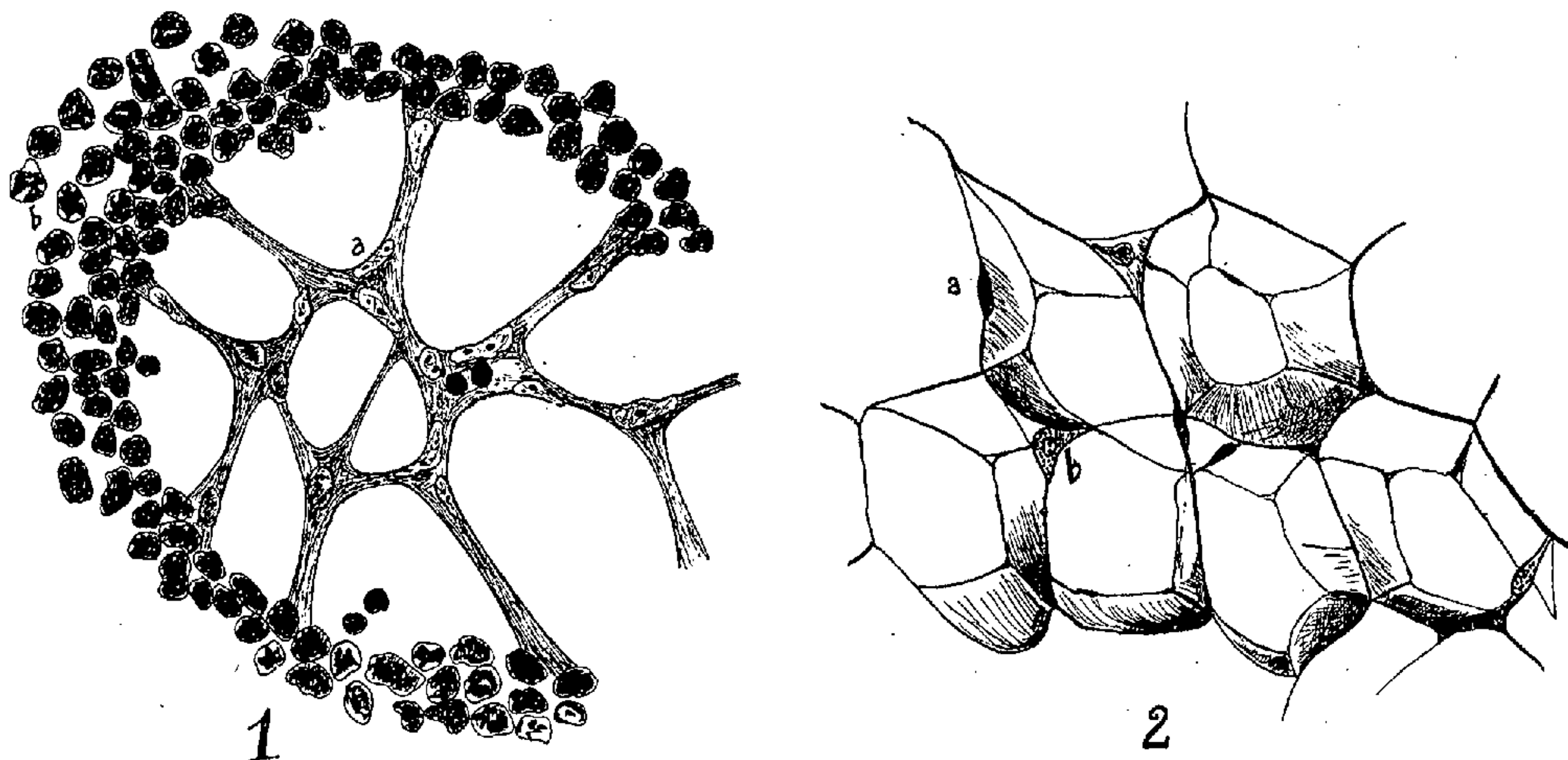


Fig. 1. — *Reticulum du ganglion lymphatique du Rat* (coloration au bleu de toluidine). *a.* Fibrocytes fixés sur les fibres conjonctives courtes et épaisses. — *b.* Cellules lymphoïdes.

Fig. 2. — *Trame adipeuse de la peau du Chat* (coloration au bleu de toluidine). *a.* Fibroblastes étalés le long des fibres conjonctives courtes et fines. — *b.* Fibroblastes en voie de transformation en mastocytes.

léger (*fig.* 2). Aux angles dièdres, s'allongent des cellules conjonctives, fines, étirées et multipolaires. Ces fibroblastes peuvent se transformer en basocytes.

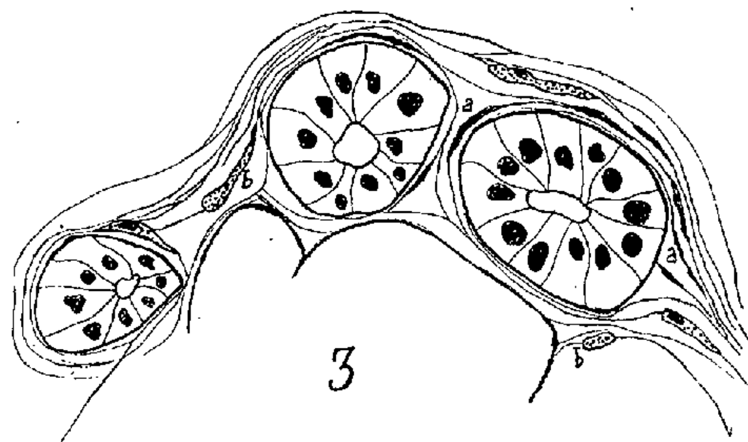


Fig. 3. — *Réseau byssinien au niveau des glandes sudoripares de l'Homme* (coloration au bleu de toluidine). *a.* Fibroblastes étalés le long des fibres conjonctives longues et très fines. — *b.* Fibroblaste en voie de transformation en basocyte.

Il existe, enfin, des fibres conjonctives, encore plus fines, parfois à peine visibles, mais longues, voire extrêmement longues. Elles abondent autour des glandes diverses [9], des vaisseaux, des faisceaux collagènes, entre les

(9) Le tissu palléal de Berka, décrit à propos des acini mammaires, et qui devient très net au cours des réticulopathies malignes, n'est qu'un cas particulier de cette disposition générale.

fibres musculaires, dans le conjonctif sous-pleural. Elles constituent des gaines d'organes dont elles suivent les circonvolutions. Elles s'insinuent dans les espaces vides (espaces de Kiernan, espaces péribronchiques alvéolaires) ou suivent les vaisseaux dans leur pénétration en formant des manchons périvasculaires ajourés. Ces fibres sont parallèles, mais réunies par des fibrilles obliques ([10]) qui complètent l'enveloppe grillagée des éléments. Ce réseau de fibres longues, que l'on peut différencier sous le nom de byssinien ([11]) et dont les « galeries » communiquent ensemble, comporte des files de fibroblastes tous allongés dans le même sens et qui donnent fréquemment, et *tout spécialement*, naissance à des basocytes (*fig.* 3).

CYTOLOGIE — *Remarque sur l'évolution des acides nucléiques dans l'ovogénèse de* Gryllus bimaculatus. Note de M. **Michel Charles Durand**, présentée par M. Maurice Caullery.

Hoff Jörgensen et Zeuthen ([1]) ont récemment prouvé, par des dosages chimiques, l'existence de fortes quantités d'ADN dans le cytoplasme des œufs de Batracien. Dans une étude antérieure ([2]) j'ai montré qu'une préparation d'ADN purifié manifestait, après hydrolyse chlorhydrique, certaines propriétés de l'ARN : pyroninophilie et sensibilité à l'égard de la ribonucléase. J'ai aussi constaté qu'une préparation d'ARN de levure ne se colore pas après immersion dans le réactif de Schiff. Ces données confirmaient les conclusions tirées de l'examen des formations nucléaires dans la spermatogenèse de *Gryllus bimaculatus*. La découverte des auteurs danois s'explique si l'on admet que l'ADN du cytoplasme de l'œuf se trouve sous une forme dépolymérisée, et qu'il présente des propriétés histochimiques comparables à celles de l'ARN. C'est avec cette hypothèse de travail que j'ai repris l'examen de l'ovogenèse de *Gryllus bimaculatus*.

1. *Évolution des chromosomes.* — L'évolution des chromosomes, au début de la période d'accroissement, est conforme aux données de Büchner ([3]). Au début de la prophase méiotique, ils se transforment en une série de mottes variqueuses, pyroninophiles, digérées par la ribonucléase. Elles conservent pendant un certain temps un granule central colorable par le vert de méthyle, qui est seul Feulgen positif. Devenues entièrement

([10]) Celles-ci sont essentiellement différentes des « Gitterfasern » décrits par les histologistes allemands autour des cellules du tissu lymphoïde.

([11]) Du grec βύσσινος : du lin le plus fin.

([1]) *Nature*, 9 février 1952.

([2]) Durand, *Comptes rendus*, 234, 1952, p. 1579.

([3]) Büchner, *Arch. Zellf. und Mikr. Anat.*, 3, 1909, p. 335-430.

pyroninophiles et Feulgen négatives, elles se résolvent en une plage lenticulaire granuleuse, peu colorable et de plus en plus diffuse. Jusqu'à la fin de la vitellogenèse, le noyau reste occupé par un très fin réseau de coagulation.

La dispersion totale des formes chromosomiques s'accompagne donc vraisemblablement d'une dépolymérisation de l'ADN.

2. *Évolution du cytoplasme.* — L'évolution du cytoplasme se divise nettement en deux périodes : la période d'accroissement cytoplasmique, qui s'achève à la mue imaginale et la période d'accumulation vitelline, qui commence avec la vie adulte. Pendant la première période, la pyroninophilie du cytoplasme est extrêmement intense; elle s'atténue brusquement avec l'apparition des plaquettes vitellines. Cette intense basophilie ne disparaît qu'après 5 h d'hydrolyse à 37° dans la ribonucléase (0,5 °/₀₀ pH 6,8). L'attaque enzymatique est accélérée par une hydrolyse acide préalable (10 à 30 m dans HCl N/1, 37°). Les témoins traités à l'eau ne présentent pas de modifications comparables. Ce comportement, caractéristique des formations ribonucléiques, est comparable à celui des chromosomes rendus expérimentalement pyroninophiles par hydrolyse acide. Sans hydrolyse acide préalable, le cytoplasme de l'ovocyte se colore assez nettement avec le réactif de Schiff. Cette colorabilité disparaît complètement si la coupe est d'abord traitée par la ribonucléase. Cette disparition est accélérée par une hydrolyse acide préalable. Le comportement cytoplasmique rejoint celui des chromosomes dépolymérisés par un traitement acide.

La période d'accumulation vitelline se caractérise par la réduction du cytoplasme à de fines travées faiblement pyroninophiles localisées entre les plaquettes vitellines. Celles-ci sont volumineuses, peu cohérentes; elles se colorent en vert violacé avec le mélange de Unna et en violet avec le réactif de Schiff, mais ne manifestent aucune sensibilité à l'égard des hydrolyses acides et enzymatiques. Leurs propriétés se rapprochent de celles des formations présentant la réaction plasmale, et diffèrent considérablement de celles qui, d'après mes observations, correspondent à l'ADN. Mais il est possible que ces propriétés « plasmales », dues aux constituants du vitellus, masquent la présence d'ADN. En effet, l'évolution des cellules folliculeuses paraît alimenter l'ovocyte en substance nucléaire. Au début de la période d'accroissement cytoplasmique, ces cellules forment une couche unique qui suit l'accroissement de l'ovocyte par multiplication mitotique de ses éléments. Les fuseaux de ces divisions sont à peu près parallèles au grand axe de l'œuf. A la fin de cette période, elles prennent une forme cubique régulière et se disposent en épaisseur sur deux rangées. Parallèlement à l'apparition des premières formations vitellines dans l'œuf, elles subissent une forte hypertrophie et ne se divisent plus que par amitoses. Les cellules filles, formées après élongation du nucléole et étranglement du noyau, se détachent perpendiculairement au grand axe de l'œuf et sont littéralement

absorbées par le cytoplasme de l'ovocyte. La coloration de Unna montre la disparition de leur basophilie cytoplasmique et nucléaire. Le Feulgen montre leur désintégration nucléaire sous forme de granulations éparses. Ce processus se développe pendant la période d'accroissement intense des plaquettes vitellines et ne prend fin qu'avec l'apparition du chorion.

3. *Discussion.* — Ces quelques observations ajoutent un supplément de complexité au problème de la localisation histochimique des acides nucléiques. On ne saurait être trop prudent en utilisant, à cet effet, les propriétés du réactif de Schiff, qui est capable, suivant les conditions expérimentales, de colorer, entre autres, l'ADN dépolymérisé, certains lipides, le glycogène, etc. L'usage de la méthode de Brachet comporte des incertitudes dont il importe de tenir compte. Nous en retiendrons : 1° le parallélisme entre le comportement de la pyroninophilie cytoplasmique dans les ovocytes jeunes et celui des chromosomes soumis à l'hydrolyse acide; 2° l'évolution des chromosomes, pendant la phase d'accroissement, en formations pyroninophiles sensibles à la ribonucléase.

L'hypothèse de transformations d'ordre physique subies par l'ADN, probablement en rapport avec l'évolution des liaisons acide nucléique-protéine, et qui expliquerait ces changements, s'en trouve renforcée, en même temps que celle qui localise de l'ADN dépolymérisé et diffus dans le cytoplasme de l'œuf.

GÉNÉTIQUE. — *Influence de l'effectif des populations sur la diversité des fréquences du gène « absence de bandes » chez* Cepæa nemoralis *L.* Note de M. **Maxime Lamotte**, présentée par M. Maurice Caullery.

Le rôle joué par les fluctuations fortuites, ou *dérive génétique*, dans la diversité des fréquences géniques parmi les populations naturelles d'une espèce fait l'objet d'une vive controverse. Certains auteurs, attribuant à la sélection une primauté totale, nient, en effet, toute action efficace de ce facteur, auquel S. Wright accorde une grande importance. Les populations polymorphes de l'Escargot des bois, *Cepæa nemoralis* L., nous semblent apporter une confirmation expérimentale de la réalité de cette action.

L'espèce vit en colonies bien délimitées, dont il est possible d'évaluer l'effectif. Par ailleurs, le déterminisme génétique de la présence ou de l'absence de bandes a été élucidé (gènes b et $b+$). Comme la structure des populations est panmictique (¹), il est ainsi possible de calculer, dans chacune, la fréquence du gène étudié (²).

(¹) Lamotte, *Bull. Biol.*, Suppl. XXXV, 1951.

(²) Des différences même notables à l'échelle des valeurs sélectives ne modifient que de manière insensible les proportions données par la loi de Hardy.

Les quelque 300 colonies dont l'effectif a pu être déterminé ont été réparties en trois catégories : (I), celles à effectif élevé, compris entre 3 000 et 10 000 individus; (II), celles à effectif moyen, entre 1000 et 3 000; (III), celles à effectif restreint, entre 500 et 1000. Le tableau qui suit indique les distributions des fréquences du gène « absence de bandes » dans ces groupes de colonies :

Fréquence du gène $b+$....	0 –0,10.	0,10 –0,20.	0,20 –0,30.	0,30 –0,40.	0,40 –0,50.	0,50 –0,60.	0,60 –0,70.	0,70 –0,80.	0,80 –0,90.	0,90 –1.
(I) Colonies de fort effectif........	46 (5)	13	11	4	1	1	1	–	–	–
(II) Colonies d'effectif moyen........	55 (6)	25	10	6	5	2	2	–	–	–
(III) Colonies de faible effectif........	53 (5)	23	10	9	5	4	2	–	–	3 (3)

Les dispersions de ces trois distributions sont mesurées respectivement par les variances $V(g) = 15.10^{-3}$, $V(m) = 20.10^{-3}$ et $V(p) = 36.10^{-3}$, qui montrent qu'un effectif plus faible va de pair avec un net accroissement de la diversité des fréquences géniques. Cet accroissement se traduit d'ailleurs aussi par le nombre plus grand de populations où l'un des allèles a été éliminé (nombre en petits caractères dans les classes marginales).

Si la fréquence d'une forme était, dans chaque colonie, déterminée strictement par l'ensemble des facteurs externes (les conditions du milieu, l'action des prédateurs par exemple) et internes (le patrimoine génique global de la colonie), l'effectif n'interviendrait en rien dans le niveau d'équilibre des formes, dont la distribution dans les petites colonies serait identique à sa distribution parmi les grandes.

L'accroissement de diversité observé démontre donc l'existence de facteurs autres que des influences directrices variables du milieu. Il se trouve en accord avec la manifestation de fluctuations « au hasard », précisément liées à l'effectif.

Dans cette hypothèse, c'est à de telles fluctuations qu'il faut attribuer, en particulier, la différence des variances des petites et des grandes colonies, soit 21.10^{-3}. Mais une part de la diversité des grandes colonies elles-mêmes, dont l'effectif est loin d'être illimité, tient sans doute aussi à la dérive génétique. L'absence de populations très nombreuses ne permet évidemment pas de résoudre la question par comparaison directe, mais nous avons cherché indirectement la solution, en comparant le rapport des variances correspondant aux différents effectifs à celui qui peut être déduit des distributions théoriques de S. Wright. Il ressort de ces comparaisons que la part de variances indépendante des fluctuations fortuites est de 10.10^{-3} au maximum. La part, liée à ces fluctuations, atteint donc au moins 5.10^{-3}

pour la distribution des grandes colonies, soit le tiers de l'ensemble, et 26.10^{-3} pour les petites colonies, soit plus des deux tiers de la variance totale.

Des phénomènes autres que la dérive génétique sont toutefois susceptibles d'en mimer les effets. Un biotope plus étendu doit être, en effet, plus hétérogène; comme la nature du milieu influe, dans une certaine mesure, sur les proportions d'équilibre, ainsi que le confirme la part de variance indépendante de l'effectif, une grande population aura, plus souvent qu'une autre, une composition « moyenne ». Par ailleurs, une colonie importante, qui témoigne *a priori* de conditions plus stables, sera plus rarement soumise à des conditions extrêmes.

Un examen attentif des faits montre que ces phénomènes ne jouent, en réalité, qu'un rôle minime. Tout d'abord, en effet, l'étude directe de l'action du milieu montre que celle-ci est faible et précisément masquée par un facteur autre de diversité (1). D'autre part, l'hétérogénéité se manifeste surtout dans le détail des biotopes; c'est d'ailleurs bien plus leur densité que leur étendue qui détermine l'effectif des populations. Enfin, les conditions extrêmes, entraînant l'instabilité, sont forcément des cas rares.

Les fluctuations fortuites jouent donc bien, par rapport à des phénomènes de sélection variable selon les biotopes, un rôle important à l'origine de la diversité des fréquences du gène b_+; ce rôle est même prédominant dans le cas des populations de faible effectif.

RADIOBIOLOGIE. — *Les effets mortels du rayonnement total de la Pile Zoe sur la Souris*. Note (*) de MM. **Paul Bonét-Maury** et **André Ertaud**, présentée par M. Antoine Lacassagne.

Les auteurs ont déterminé la courbe dose-survie moyenne de souris soumises au rayonnement total de la pile de Châtillon. En plaçant les animaux dans une cage de cadmium on observe un effet biologique beaucoup plus important qu'en cage d'aluminium.

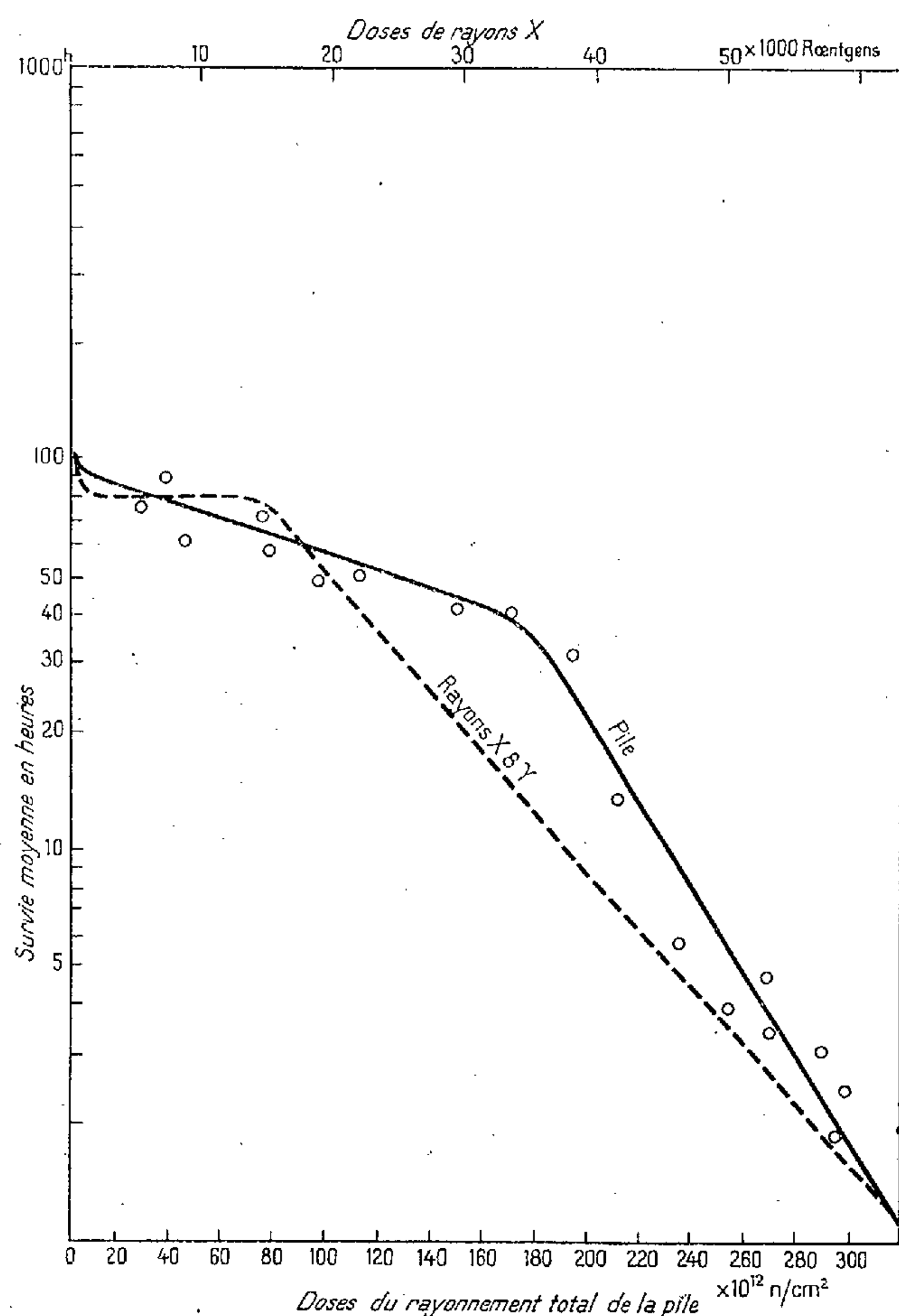
Poursuivant l'étude de l'effet léthal des rayonnements ionisants (1), nous avons soumis des souris au rayonnement total de la pile de Châtillon.

Les animaux provenant de l'élevage de l'Institut du Radium et pesant de 18 à 20 g sont enfermés par lots de 10 dans des cages en aluminium de 1,5 mm d'épaisseur, dimensions $9 \times 9 \times 40$ cm, percées de trous. Ces cages sont placées dans le canal tangentiel de la pile et les animaux sont traversés par un

(*) Séance du 6 octobre 1952.

(1) P. Bonét-Maury et F. Patti, *Journal de Radiologie et d'Électrologie*, 31, 1950, p. 286.

flux moyen de 3,85. 10^{13} neutrons/cm²/h, sensiblement uniforme pour toute la cage, la fluctuation maximum restant inférieure à 10 %. Après l'irradiation, les souris sont ramenées dans l'animalerie (bocaux de verre, alimentation normale). Elles sont surveillées au moins 16 h sur 24 les deux premiers jours,



les visites ayant lieu avec une fréquence qui dépend de la survie probable, de façon à mesurer leurs survies individuelles avec une précision supérieure à 20 %. Ces temps de survie sont utilisés pour le calcul de la survie moyenne correspondant à une dose donnée par la méthode déjà décrite; les limites de confiance de cette survie sont calculées par la méthode de Lichtfield et Fertig (²).

Les doses de rayonnement total sont exprimées en neutrons par centimètre carré. Le calcul des composantes de ce rayonnement fait l'objet d'une

(²) *Bull. John Hopkins Hosp.*, 69, 1941, p. 276.

deuxième Note pour tenter d'évaluer les effets partiels dus aux rayons γ, aux neutrons rapides et aux neutrons lents.

La courbe dose-survie moyenne a été déterminée sur 400 animaux (*fig.* 1); sur le graphique figure en pointillé la courbe précédemment obtenue pour les rayons X de 200 kV et les rayons γ du Ra (1).

On constate que si la courbe relative aux rayonnements de la pile a la même allure générale que celle due aux rayons X, et peut être également divisée en trois régions, le palier horizontal observé pour les rayons X est remplacé par une partie à faible pente.

Il semble que le mode d'action des deux rayonnements ne soit pas absolument identique et que les neutrons, pour une même survie, donnent naissance à des effets biologiques un peu différents. Cette interprétation est confirmée par l'aspect des animaux après l'irradiation; car, bien que les symptômes généraux soient les mêmes, ces animaux paraissent plus choqués au sortir de la pile qu'après l'irradiation X et tombent plus précocement dans l'état de prostration qui se termine par la mort. On observe dans la troisième région de la courbe les phénomènes remarquables d'hyperexcitabilité déjà décrits pour les fortes doses de rayons X.

Activation des animaux. — Le rayonnement de la pile produit dans les animaux une formation de radionuclides artificiels qui se traduit par une radioactivité importante pour les irradiations longues. Cette radioactivité est due principalement aux K et Na dans les tissus mous, au P et Ca dans le squelette : son analyse fait l'objet d'une autre Note. Cette activité peut, après étalonnage, permettre une mesure satisfaisante de la dose reçue par l'animal.

Effet cadmium. — Si l'on irradie les animaux dans une cage en cadmium au lieu d'une cage aluminium, on constate, pour un nombre égal de neutrons frappant la cage, que l'effet biologique est, comme l'effet chimique (3), beaucoup plus marqué derrière cadmium que derrière aluminium (tableau).

Survie moyenne.

Dose en $n/\text{cm}^2 \times 10^{12}$....	77.	192.
Cage en aluminium................	93 h	40 h
» en cadmium.................	51 h	quelques min

La courbe de la figure 1 fait correspondre à une survie de 40 h une dose environ moitié (170 $n/\text{cm}^2 \times 10^{12}$) de celle amenant la mort des animaux quelques minutes après la sortie de la pile, soit 320 $n/\text{cm}^2 \times 10^{12}$.

(3) P. Bonét-Maury et A. Deysine, *Comptes rendus*, 232, 1951, p. 1101.

PHYSICOCHIMIE BIOLOGIQUE. — *Sur une théorie de l'excitabilité cellulaire* (II). Note (*) de M. **René Gibert**, présentée par M. Frédéric Joliot.

Une première Note [1] a défini les propriétés chimiques de la « matière excitable » constituant la cellule.

L'interprétation des résultats expérimentaux nécessite deux hypothèses supplémentaires :

1° Le corps X est un ion négatif X^-.

2° Le milieu sensible (siège des réactions formulées dans la première hypothèse) est séparé du milieu extérieur par une membrane polarisée positivement vers l'extérieur et perméable aux ions X^-.

Cette polarisation V a pour conséquence une différence des concentrations x_i et x_e des ions X^- à l'intérieur et à l'extérieur de la membrane et l'on peut écrire, à l'équilibre :

$$\text{(3)} \qquad \mathrm{L}n\,\frac{x_e}{x_i} = \frac{\mathrm{VF}}{\mathrm{RT}} + \mathrm{B},$$

où F est le faraday, R la constante des gaz parfaits, T la température absolue. B est une constante qui tient compte du rapport des coefficients d'activité des ions X^- des deux côtés de la membrane.

Une dépolarisation ΔV de la membrane provoque un déséquilibre qui entraîne la migration des ions X^- de l'extérieur vers l'intérieur. Il en résulte un accroissement de la concentration x dans une couche mince du milieu sensible au voisinage de la membrane.

Si l'on admet que la vitesse de migration des ions X^- est proportionnelle au déséquilibre, la variation de la concentration x dans la couche mince voisine de la membrane peut s'écrire

$$\text{(4)} \qquad \frac{dx}{dt} = \gamma\left[x_0\, e^{\frac{\mathrm{F}\Delta\mathrm{V}}{\mathrm{RT}}} - x\right],$$

où x_0 est la concentration dans l'état stationnaire et γ une constante.

La dépolarisation a donc pour effet d'ajouter un terme (4) à la première des équations (2) : si son intensité et sa durée sont suffisantes, elle déclenchera donc une réponse du système.

Dans le cas d'une excitation brève et intense, il est même possible d'obtenir une expression analytique reliant le temps t nécessaire pour qu'une dépolarisation ΔV provoque l'excitation.

(*) Séance du 29 septembre 1952.

[1] *Comptes rendus*, **235**, 1952, p. 748.

On trouve par un calcul élémentaire qui suppose y constant :

$$Kt = \varphi \operatorname{tg}\varphi, \qquad \text{avec} \quad \operatorname{tg}^2\varphi = \frac{e^{\frac{F\Delta V_0}{RT}} - 1}{e^{\frac{F\Delta V}{RT}} - e^{\frac{F\Delta V_0}{RT}}},$$

où ΔV_0 est un « seuil d'excitation », inférieur à la rhéobase.

La relation obtenue, indépendamment de K qui fixe l'échelle des temps, contient deux paramètres :

1° le seuil d'excitation ΔV_0 en volts;

2° la valeur de ce même seuil dans les unités employées par l'expérimentateur pour mesurer l'excitation.

L'ajustement de ces deux paramètres par tâtonnements permet de représenter les résultats expérimentaux avec une bonne précision dans un domaine s'étendant de zéro à deux ou trois chronaxies.

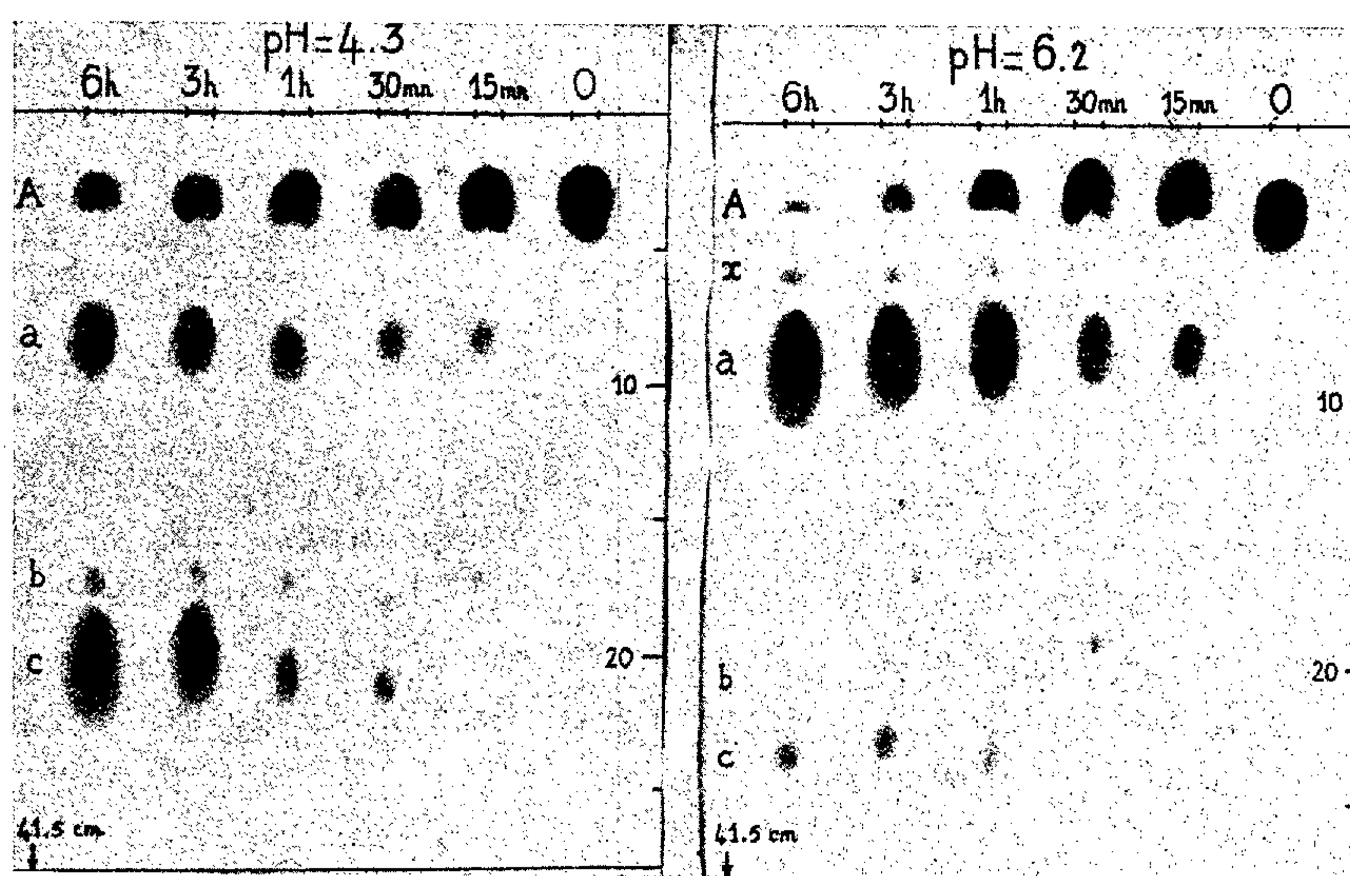
Enfin, la théorie interprète simplement la propagation de l'influx nerveux. Si l'on considère une section du nerf où l'excitation est déclenchée, on a vu que la concentration x croît, rapidement d'ailleurs. Cet accroissement de concentration provoque une migration des ions X^- de l'intérieur vers l'extérieur de la membrane, d'où une dépolarisation. L'électrolyte extérieur transmet cette dépolarisation aux régions voisines de la membrane, non encore excitées. Il en résulte une migration des ions X^- de cette région vers l'intérieur de la membrane, donc le déclenchement de l'excitation, qui se transmet ainsi de proche en proche.

Dans son état actuel, la théorie exposée paraît donc constituer une hypothèse de travail utile tant pour l'interprétation des observations physiologiques que pour l'orientation des recherches biochimiques relatives à l'excitabilité cellulaire.

CHIMIE BIOLOGIQUE. — *Sur l'oxydation de la* L(+) *arginine par une* L-*aminoacideoxydase présente chez des Invertébrés marins* (*étapes de la réaction et produits formés*). Note de MM. **Nguyen-van Thoai**, **Jean Roche** et Mme **Yvonne Robin**, présentée par M. Maurice Javillier.

L'action des aminoacideoxydases sur de nombreux acides α-aminés, $R.CH(.NH_2).COOH$, conduit à leur déshydrogénation avec formation hypothétique d'acide α-iminé, $R.C(:NH).COOH$, corps instable s'hydrolysant spontanément avec libération d'ammoniac et de l'acide α-cétonique isologue, $R.CO.COOH$. En l'absence de catalase, l'eau oxygénée, à laquelle donne naissance l'oxydation aérobie du coenzyme réduit, dégrade l'acide cétonique; celui-ci est alors décarboxylé avec production de $R.COOH$. Or, l'enzyme des Vertébrés supérieurs est inactif sur les acides aminés basiques,

tandis que celui des tissus de multiples Invertébrés marins oxyde la L(+) arginine ([1]), comme l'ophioaminoacideoxydase des venins des serpents ([2]). Ce fait implique l'existence chez de nombreux Invertébrés d'un type de métabolisme de l'acide δ-guanido-α-aminovalérianique différent de celui des Vertébrés supérieurs, reposant sur l'hydrolyse arginasique du même corps et sur la dégradation de l'ornithine; aussi un intérêt particulier s'attachait-il à l'étude de l'oxydation enzymatique de l'arginine. Nous avons mis en évidence les étapes de ce processus et isolé certains des produits auxquels il donne naissance.



Chromatogrammes des produits prenant naissance dans l'oxydation de la L (+) arginine par un extrait d'hépatopancréas de Moule, à pH = 4,3 et 6,2 (papier Whatmann n° 1, solvant : butanol 73 % ; acide acétique 10 %; eau 17 %). Temps d'action des préparations : 15 m, 30 m, 1 h, 3 h, 6 h. A désigne la tache de la L (+) arginine; *a*, *b*, *c*, *x*, les taches de ses produits d'oxydation.

Des milieux renfermant : 0,5 cm³ de mélange tampon aux phosphates de potassium 0,128 M(pH 6,2) ou acétoacétique M(pH 4,3) + 0,5 cm³ de solution de L(+) arginine à 4,0 % (pH 6,0) + 4,0 cm³ de préparation enzymatique (8 mg N protéique) obtenue à partir d'hépatopancréas de *Mytilus edulis* L. ([1]), ont été répartis en des tubes que l'on place au thermostat à 37°. On prélève successivement des prises d'essai (séjour de 4 m au bain-marie bouillant, refroidissement, filtration) que l'on soumet à l'analyse chromatographique, en utilisant la réaction de Sakaguchi pour le repérage des guanidines monosubstituées présentes ([3]). La figure reproduit un exemple des résultats obtenus.

Il a été possible de caractériser deux des corps formés (*a* et *c*) : *l'acide δ-guanido α-céto valérianique*, isolé du mélange à l'état de chlorhydrate de

([1]) J. Roche, Nguyen-van Thoai et P. Glahn, *Experientia*, 8, 1952 (sous presse).
([2]) E. A. Zeller, *Adv. Enzymolog.*, 8, 1948, p. 458.
([3]) J. Roche, W. Felix, Y. Robin et Nguyen-van Thoai, *Comptes rendus*, 233, 1951, p. 1688.

dinitrophénylhydrazone (F 148°; C % 36,8 trouvé et 37,1 théor.; N % 24,7 trouvé et 25,3 théor.; Cl, 9,0 trouvé et 9,1 théor.) a été identifié au corps *a*; *l'acide γ-guanidobutyrique*, préparé à l'état de chlorhydrate cristallisé (F 184°; N %, 22,1 trouvé et 23,0 théor.; Cl %, 19,3 trouvé et 19,5 théor.) dans les produits de la séparation en bloc des guanidines monosubstituées à l'état de flavianates et après élimination de l'arginine (picrate), constitue le corps *c*. Les Rf de ces deux produits (22°), identiques à ceux des substances de référence obtenues par synthèse, sont 0,18 pour le premier, 0,54 pour le second ([4]). L'élution des taches réparties sur les chromatogrammes a, par ailleurs, permis de suivre la cinétique de la formation des produits d'oxydation de l'arginine au moyen de leur dosage colorimétrique, basé sur la réaction de Sakaguchi. A pH 4,3, auquel la catalase est partiellement inhibée, l'acide γ-guanidobutyrique (corps *c*) devient le plus abondant en quelques heures, tandis que l'acide δ-guanido-α-cétovalérianique (corps *a*) s'accumule à pH 6,2, auquel l'eau oxygénée formée est détruite; on n'a pu saisir qu'à ce dernier pH l'apparition du corps *x* ([4]).

Les extraits des muscles, du tractus digestif et de l'hépatopancréas (traitement à — 10° par des mélanges hydroalcooliques à 80 % d'éthanol) de nombreux Mollusques, Crustacés et Échinodermes marins étudiés au Laboratoire de Concarneau se sont montrés renfermer les acides δ-guanido-α-cétovalérianique et γ-guanido butyrique associés à de l'arginine, parfois à des taux voisins; par contre nous n'avons pu mettre en évidence les deux premiers corps chez les poissons sélaciens ou téléostéens. Il en découle que *l'oxydation de l'arginine*, dont l'étude n'avait pas été entreprise jusqu'ici, *constitue la principale voie du métabolisme de cet acide aminé dans les tissus de nombreux Invertébrés*, animaux souvent dépourvus d'arginase, alors que l'utilisation du même corps dans l'organisme des Vertébrés emprunte, au moins d'une façon préférentielle, la voie hydrolytique.

CHIMIE BIOLOGIQUE. — *Étude quantitative des composés phosphorés acido-solubles du cristallin de mammifères jeunes et âgés.* Note de MM. **Jean Nordmann** et **Paul Mandel**, présentée par M. Maurice Javillier.

L'origine des modifications qui surviennent régulièrement au niveau du cristallin au cours du vieillissement, a suscité l'attention d'un grand nombre d'auteurs. Il nous a paru intéressant de rechercher si l'évolution du métabolisme énergétique du cristallin avec l'âge est susceptible d'expliquer ces modifications. Dans ce cadre nous avons étudié les variations quantitatives des

---

([4]) La tache *b*, se colorant en jaune brun au réactif de Nessler, est susceptible de correspondre à l'aldéhyde guanidobutyrique et l'on peut se demander, par ailleurs, si la tache *x* n'est pas propre à l'acide δ-guanido-α-iminovalérianique.

composés phosphorés acido-solubles dans des cristallins de sujets jeunes et âgés. On connaît en effet l'importance de la plupart de ces composés dans la glycolyse et la signification de certains, tels l'A. T. P. et le phosphagène, comportant des liaisons riches en énergie. Il n'existe sur le problème qui nous préoccupe que des données fragmentaires ([1]).

Nos essais ont porté sur des cristallins de bovidés, de lapins et de rats. Immédiatement après le sacrifice des animaux, les cristallins ont été réfrigérés et traités d'après une méthode dérivée de celle de Sacks ([2]) et de Le Page ([3]). Le glycérophosphate a été déterminé par la technique de Fleury et Courtois ([4]). Les résultats sont consignés dans le tableau.

Composés phosphorés acido-solubles du cristallin.

Valeurs exprimées en milligrammes de phosphore (P) pour 100 g de substance fraîche.

Espèce.....	Bovidé.		Lapin.		Rat.	
Age........	Jeune.	Vieux.	Trois mois.	Vieux.	Trois mois 1/2.	Dix mois.
Nombre de cristallins......	36	12	28	28	116	126
Poids moyen..............	1,059	2,531	0,304	0,578	0,039	0,055
P total..................	54,7	33,8	47,50	37,90	66,80	60,25
P PO_4..................	7,16	6,20	5,30	4,30	4,56	3,65
P phosphagène............	3,95	2,03	2,66	1,37	2,72	0,87
P labile A. T. P. + A. D. P..	10,60	6,74	13,00	8,21	15,40	10,65
P nucléotidique de l'A. T. P..	7,12	4,52	7,58	4,74	7,47	6,12
P Hexose-diphosphate......	1,12	0,91	1,32	0,59	1,17	1,28
P Glucose-6-phosphate.....	4,79	4,00	5,61	–	6,88	–
P Ac. 3-phosphoglycérique..	4,45	2,39	3,10	1,99	2,22	2,19
P Acide adénylique libre...	2,72	2,33	3,58	2,87	2,78	1,84
P glucose-1-phosphate.....	1,81	0,93	2,41	1,28	1,63	2,00
P Glycérophosphate.......	8,82	5,93	11,70	8,57	6,45	3,79
P Propanediolphosphate...	4,19	3,14	–	–	3,44	–

L'examen de ce tableau révèle à côté du phosphore minéral, de phosphagène, d'A. T. P., de glucose-6-phosphate, d'hexose-di-phosphate, d'acide 3-phosphoglycérique, d'acide glycérophosphorique, de propanediolphosphate et d'acide adénylique libre, du glucose-1-phosphate. L'acide phosphopyruvique présent à un taux très faible n'a pu être dosé systématiquement.

Il est intéressant de noter la *présence de glucose-1-phosphate* qui ne fait pas

([1]) Bibliographie complète sur cette question in : J. Nordmann et P. Mandel, *Ann. Ocul.*, 185, 1952 (sous-presse).

([2]) *Journ. biol. Chem.*, 181, 1949, p. 655.

([3]) W. W. Umbreit, R. H. Burris et J. F. Stauffer, *Minneapolis*, Burgess Publishing Co, 1949.

([4]) *Bull. Soc. chim. Fr.*, 8, 1941, p. 397.

partie du cycle catabolique partant du glucose, mais qui est le produit de l'hydrolyse phosphorylante du glycogène et participe dans les autres tissus à sa synthèse. Or, il paraît établi que le cristallin ne consomme normalement que du glucose, mais qu'il est capable de métaboliser le glycogène. [Süllmann (5), Weekers et Süllmann (6)].

Le taux des divers constituants faisant partie du catabolisme des glucides est, à de rares exceptions près, nettement inférieur dans le cristallin de sujets âgés par rapport aux animaux jeunes. D'autre part, il y a tout lieu d'admettre que l'énergie fournie par l'A. T. P. intervient dans les synthèses protéiques. On conçoit dès lors qu'une réduction des disponibilités en énergie dont témoigne la diminution de certains composés phosphorés acido-solubles et en particulier de l'A. T. P. et du phosphagène, puisse être à l'origine d'un trouble dans la synthèse des protéines cristalliniennes. Cette hypothèse s'accorde avec les résultats de Frohman et Kinsey (7) qui ont signalé une pénétration réduite de glycocolle marqué dans la zone cristallinienne pauvre en A. T. P.

CHIMIE BIOLOGIQUE. — *Modifications biochimiques accompagnant la sporulation de* Bacillus megatherium. Note de Mlle **Regina Tinelli**, présentée par M. Maurice Lemoigne.

Les profondes modifications qui accompagnent la sporulation des bacilles ont fait l'objet de nombreuses études cytologiques (1), (2), mais les réactions biochimiques qui se déroulent sont encore peu connues. Nous avons étudié ces réactions chez une bactérie aérobie dont on connaît assez bien la composition (3), (4) et le mécanisme de sporulation (4) : *Bacillus megatherium.*

Pour obtenir les spores, les bacilles sont cultivés sur milieu minéral glucosé nitraté (5); récoltés, centrifugés et lavés, ils sont remis en suspension dans le même milieu, mais privé de glucose ou de nitrate, à pH 6,1, puis portés à l'étuve à 31° et aérés par insufflation d'air. La sporulation se fait par carence en glucose ou en nitrate. Ces manipulations sont faites en évitant toute contamination. Les spores incluses dans les bacilles apparaissent au bout de 6 à 7 h, et après 24 h la sporulation est totale et toutes les spores sont libres.

(5) *Arch. Augenheilk.*, **110**, 1937, p. 303.
(6) *Arch. internat. Méd. expér.*, **13**, 1938, p. 483.
(7) *Arch. Ophtal.*, **48**, 1952, p. 12.

(1) G. Knaysi, *Bact. Rev.*, **12**, 1948, p. 19-77.
(2) *Symposium, Bact. Rev.*, **16**, 1952.
(3) M. Lemoigne, *Helvetica Chim. Acta*, **29**, 1946, p. 1303-1306.
(4) J. P. Aubert, *Ann. Inst. Pasteur*, **80**, 1950, p. 644-658.
(5) N. Grelet, *Ann. Inst. Pasteur*, **81**, **82**, **83**, 1951-1952.

Dans le tableau suivant, nous comparons la composition de 100 mg de bacilles secs à celle des spores obtenues à partir de ces 100 mg de bactéries.

Constituant.	Bacilles. (mg).	Spores formées par carence en glucose (mg).	en N (mg).	en Gl (% M.S. des spores).	en N
Matière sèche	100	35	57	100	100
Azote (Kjeldahl)	6,2	4,2	4,9	12	8,5
Lipide β-hydroxybutyrique (6)	28	0	0,5	0	1
Polyoside (4)	18	1,8	6,2	5	11
Cendres	10	3,8	6	11	11

On constate tout d'abord que la composition des spores est différente suivant que la sporulation est obtenue par carence en glucose ou en azote. On voit, d'autre part, une diminution très importante de la matière sèche microbienne, surtout dans le cas de sporulation par carence en glucose; elle tient à une disparition totale du lipide, à une forte disparition du polyoside, presque complète dans le cas de carence en glucose, à une diminution enfin de la matière azotée. Mais cette diminution est relativement moindre que celle des éléments ternaires, aussi la teneur en azote de la matière sèche augmente-t-elle dans les deux cas.

Plusieurs hypothèses peuvent être faites :

1° Les produits disparus se retrouvent dans le milieu.

2° Ils sont partiellement dégradés et apparaissent dans le milieu sous forme de corps réducteurs, d'acides organiques et de composés azotés.

3° Ils sont totalement métabolisés jusqu'au stade CO_2 et H_2O.

Dans le cas de sporulation par carence en glucose, la deuxième hypothèse a été vérifiée en ce qui concerne l'azote que l'on retrouve sous forme d'azote organique soluble et d'ammoniaque. Au contraire, les deux premières hypothèses sont infirmées, pour la matière carbonée, par toutes les expériences, car, lorsque la sporulation est totale, on ne retrouve dans le milieu ni polyoside, ni substances réductrices, ni lipide β-hydroxybutyrique, mais seulement des traces d'acides organiques.

Pour vérifier la troisième hypothèse, une analyse de gaz est nécessaire. Voici les résultats d'une des expériences :

Pour 100 mg de matière sèche disparue :

O_2 consommé .... 91,5 cm³

CO_2 apparu .... 82,4 cm³

$$\frac{CO_2}{O_2} = 0,9,$$

(6) M. Lemoigne et N. Roukhelman, *Ann. Ferment.*, 5, 1940, p. 527.

alors que les quantités calculées d'après les produits disparus sont :

O_2 consommé.......................... 81,1 cm^3
CO_2 apparu.......................... 79,6 cm^3

$$\frac{CO_2}{O_2} = 0,98.$$

Aux erreurs d'expériences près, ces résultats confirment la troisième hypothèse.

Conclusions. — Nos résultats montrent :

1° la différence de composition des bacilles et des spores ;

2° la différence de composition des spores obtenues par deux carences différentes, ce qui souligne le rôle des facteurs externes de la sporulation ;

3° le rôle de l'oxygène, déjà mentionné dans la sporulation des bacilles aérobies ([7]), qui est ici mis en relation avec la métabolisation complète des réserves.

PHARMACODYNAMIE. — *Démonstration chimique de l'action anti-inflammatoire de la cortisone : inhibition de la production de l'Euglobuline* I_1 *de Sandor.* Note de M. **Robert Vargues**, présentée par M. Jacques Tréfouël.

L'action anti-inflammatoire de la cortisone a été mise en évidence dans de nombreuses affections cliniques et expérimentales. Nous nous proposons de démontrer chimiquement cette propriété par les observations et expériences suivantes :

1° *L'Euglobuline* I_1 *de Sandor est le témoin chimique de l'inflammation à macrophages.* — L'Euglobuline I_1 est une globuline sérique pathologique isolée et définie par Sandor en 1951 ([1]). Ce protéide n'existe qu'à l'état de traces dans les sérums normaux et n'apparaît que dans certains états morbides dans lesquels on peut mettre en évidence une réaction du système macrophagique.

En effet, l'Euglobuline I_1 a été trouvée par Sandor dans les cirrhoses hépatiques et dans les septicémies bactériennes ([2]). Mais c'est surtout dans des parasitoses (paludisme et kala-azar) que nous avons retrouvé ce protéide en grande quantité : dans ces maladies, le taux d'Euglobuline I_1 atteint souvent des chiffres de l'ordre de 8 à 10 g/l de sérum ([3]).

([7]) W. A. Hardwick, J. W. Foster et J. Gené, *Physiol.*, 35, 1952, p. 907-927.

([1]) *Bull. Soc. Chim. Biol.*, 33, 1951, p. 1483.

([2]) *Ann. Inst. Pasteur*, 80, 1951, p. 287.

([3]) R. Vargues et G. Fabiani, *Soc. Méd. Alger*, juin 1952 (à paraître dans *Algérie Médicale*).

Ces observations ont amené Sandor à considérer que l'augmentation du taux de ce protéide exprime l'irritation des systèmes macrophagiques puissants du foie et de la rate; cette globuline ne serait autre, pour cet auteur, que le protoplasme désagrégé des macrophages.

2° *Le paludisme du Rat blanc réalise une inflammation à macrophages.* — Il est facile de réaliser expérimentalement une inflammation de type macrophagique chez le Rat blanc par inoculation de *Plasmodium berghei* à cet animal. C'est l'hyperplasie du système réticulo-endothélial qui caractérise essentiellement ce type macrophagique de l'inflammation.

Or, au moment de la crise parasitémique, des quantités importantes d'Euglobuline I_1 apparaissent dans le sérum. Ce protéide a été retrouvé dans les sérums des 40 rats paludéens que nous avons étudiés; il existe aussi bien chez les animaux qui évoluent vers la guérison spontanée que chez les animaux dont l'infection aboutit à la mort de l'animal ([4]).

3° *La cortisone inhibe la réaction macrophagique du paludisme.* — La cortisone, injectée quotidiennement à des Rats paludéens (2 à 20 mg par animal) modifie considérablement la maladie : l'infection se prolonge au delà des limites normales, la parasitémie atteint des chiffres élevés, la mort survient fréquemment.

Anatomiquement on constate que le traitement par la cortisone empêche l'hypertrophie splénique : la rate des animaux traités est plus petite et moins lourde que celle des animaux paludéens témoins.

Ces observations faites sur le paludisme du Rat rejoignent celles effectuées par Schmidt et Squires sur les singes ([5]), par Findlay et Howard sur les souris ([6]).

Selon les premiers auteurs l'action de la cortisone serait comparable à celle de la splénectomie qui réalise l'exérèse d'une grande partie du système réticulo-endothélial.

4° *La cortisone s'oppose à l'élévation du taux de l'Euglobuline* I_1. — Chez les rats, inoculés avec *Plasmodium berghei*, et recevant de la cortisone, l'Euglobuline I_1 n'existe qu'à des taux normaux ou à peine supérieurs à la normale. Le tableau suivant illustre nos résultats.

Ces expériences soulignent donc le rapport étroit existant entre l'inflammation macrophagique et l'augmentation notable du taux de l'Euglobuline I_1, et démontrent chimiquement le rôle antiinflammatoire de la cortisone dans le paludisme expérimental du Rat blanc.

([4]) R. VARGUES et G. FABIANI, *Soc. Biol. Alger*, avril 1952.

([5]) *J. Exp. Med.*, 94, 1951, p. 501.

([6]) *Nature*, 1952, p. 547.

Taux d'Euglobuline I_1 (en grammes pour 1 000 cm³).

Rats normaux.	Rats paludéens en fin d'infection.		Rats paludéens traités par la cortisone.	
0,4	Rat S 50......	4,0	Rat 473......	0,7
0,5	» S 107.....	2,3	» 475......	0,8
0,3	» S 111.....	2,8	» 476......	0,5
0,5	» 309......	2,0	» 479......	0,5
	» 313......	2,0	« 486......	0,5
	» 485......	2,9	» 488......	0,6
	» 487......	5,0	» 495......	0,6
			» 496......	0,8

BIOGÉOGRAPHIE. — *Les zones d'organismes littoraux de l'Indochine et des côtes indo-pacifiques.* Note de M. **Paul-H. Fischer**, présentée par M. Louis Fage.

La faune intercotidale de la région indo-pacifique ne semble pas avoir fait l'objet d'études écologiques précises en ce qui concerne l'hypsométrie des différentes espèces et sa relation avec les niveaux cotidaux caractéristiques.

Mes recherches sur les organismes de rocher en Indochine et dans diverses localités indo-pacifiques me permettent de donner un premier aperçu de cette question.

Zone inférieure (entre les niveaux moyens de basse mer de vive-eau et de basse mer de morte-eau). — On trouve, dans cette zone, des végétations de *Turbinaria*, *Padina*, Sargasses, des récifs de Mélobésiées (associées à des Vermets), le sommet des récifs de Madréporaires et divers peuplements d'Échinodermes, de Lamellibranches (*Arca*, *Avicula*, *Vulsella*, *Spondylus*) et de Gastéropodes (*Conus*, *Cypræa*, *Ricinula*, *Turbo*, *Trochus*) qui ne dépassent guère le niveau des basses mers de morte-eau et peuvent être considérés comme marins et non comme amphibies.

Zone moyenne (entre les niveaux de basse mer de morte-eau et de haute mer de morte-eau). — Comme Algues, on ne trouve guère là que des végétations courtes (*Catenella* notamment) contenant une faune d'Amphipodes et de Mytilidés. Les Lichens encroûtants sont représentés. Il existe, à ce niveau, de gros peuplements d'animaux sessiles (Actinies, Serpuliens, Cirripèdes, Huîtres, Synascidies), notamment *Ostrea forskåli*, commune en milieu calme, que remplace latéralement, en milieu exposé, le Cirripède *Tetraclita porosa*. Avec *Ostrea forskåli* coexiste *O. spinosa* sur les côtes de la Mer de Chine. Les *Balanus* sont bien représentés. Au niveau de

mi-marée apparaissent sur roches découvertes de rares *Chthamalus* et, dans les fentes rocheuses, des *Pollicipes* et de petites *Perna*. Comme animaux vagiles, on trouve quelques Crustacés, des Amphineures (*Acanthopleura brevispinosa*) et de nombreux Gastéropodes (*Monodonta canalifera*, *Nerita albicilla*, *N. polita*, *Patella pentagona*, *Helcioniscus testudinarius*, *Patelloidea saccharina*, *Planaxis sulcatus*, *Cerithium morus*, *Drupa tuberculata*, *Purpura hippocastaneum*, *P. luteostoma*, *Columbella fulgurans*, *Mitra scutulata*, *Siphonaria zanda*, etc.).

Zone supérieure (au-dessus du niveau des pleines mers de morte-eau). — Cette zone comprend deux sous-zones A et B dont la première s'apparente quelque peu à la zone moyenne, tandis que la seconde présente un aspect faunique plus original. Ces deux sous-zones ont en commun l'absence presque totale d'Algues et l'abondance des *Littorina* et des *Chthamalus*.

Sous-zone A (entre les niveaux de pleine mer de morte-eau et de pleine mer de vive-eau). — A partir du niveau des pleines mers de morte-eau, le nombre des peuplements est brusquement restreint. Les végétaux ne sont plus guère représentés que par des Lichens encroûtants. Quelques animaux de la zone moyenne dépassent le niveau des pleines mers de morte-eau, mais en se raréfiant (*Ostrea forskâli*, *Tetraclita porosa*, *Helcioniscus testudinarius*), tandis que d'autres, qui avaient débuté médiocrement dans la zone moyenne, abondent, au contraire, au-dessus des pleines mers de morte-eau : tels sont, sur les rochers découverts, *Chthamalus stellatus* et *Littorina ventricosa* et, dans les fentes rocheuses, *Pollicipes mitella* et quelques *Perna*. En outre, certains peuplements débutent au niveau des pleines mers de morte-eau, tel *Nerita plicata* à Tahiti.

Sous-zone B (au-dessus du niveau moyen des pleines mers de vive-eau). — On voit, à partir de ce niveau, la suite des peuplements massifs de *Chthamalus* et de *Littorina* sur les roches découvertes et quelques *Pollicipes* et *Perna* dans les fentes rocheuses. En outre, apparaissent plusieurs peuplements nouveaux de Gastéropodes dont la limite inférieure coïncide avec le niveau moyen des pleines mers de vive-eau : ce sont des *Melampus* (*M. fasciatus*), des *Melaraphe* et surtout des *Nerita* (*N. lineata*, *N. costata*) et des *Tectarius* (*T. nodulosus*, etc.), qui pullulent au sommet de la zone littorale et montent parfois bien au-dessus du niveau des plus hautes mers.

Organismes se déplaçant suivant la marée. — Il convient d'ajouter aux ensembles fauniques précédents, localisés dans des zones définies, quelques peuplements d'animaux vagiles qui se déplacent avec la marée et peuvent se trouver ainsi dans presque toutes les parties exondées de la zone intercotidale.

Tels sont les Grapses, les Ligies et les Poissons amphibies (*Periophtalmus* dans les milieux calmes, *Andamia* en milieux plus exposés).

Les Poissons amphibies se trouvent généralement à peu de distance au-dessus du niveau de l'eau, quel que soit ce niveau; toutefois, certains d'entre eux peuvent être observés à plusieurs mètres au-dessus de l'eau.

A 16 h l'Académie se forme en Comité secret.

La séance est levée à 16 h 25 m.

R. C.

ERRATA.

(*Comptes rendus* du 18 août 1952.)

Note présentée le même jour, de Mlle *Maria Théodoresco*, Sur l'application de quelques méthodes spectrographiques :

Page 473, 2e ligne, *au lieu de* si nous nous rapportons, *lire* si nous nous reportons.

(*Comptes rendus* du 15 septembre 1952.)

Note présentée le 8 septembre 1952, de MM. *Yves-René Naves* et *Pierre Ardizio*, Sur un mode inédit de cyclisation des pseudoirones (méthyl-3-pseudoionones) :

Page 580, 11e ligne, *au lieu de* 87,8, *lire* 97,8.

BULLETIN BIBLIOGRAPHIQUE.

OUVRAGES REÇUS PENDANT LES SÉANCES D'AOÛT 1952.

Manuali di agricoltura. *Il pioppo. Norme pratiche di coltivazione,* di GIÁCOMO PICCAROLO. Roma, Ramo editoriale degli agricoltori, 1952; 1 vol. 18 cm.

Biblioteca scientifica Cartiere Burgo. Vol. III. *Il genere populus e la sua importanza nella selvicoltura,* par G. HOUTZAGERS. Traduzione italiana dal Prof. L. FENAROLI. Casale Monferrato, 1950; 1 vol. 25,5 cm.

Rotaciones corpusculares. Ensayo de generalizacion de la hipotesis rotacional al campo de la fisica, par SANTIAGO RUBIO. Buenos-Aires, Ediciones G. Gili, 1952; 1 vol. 20 cm.

The Allegheny observatory of the University of Pittsburgh S. L. N. D.; 1 fasc. 27,5 cm.

Türkiye Maden Sulari ve Kaplicalari (*Les eaux minérales et les sources thermales de Turquie*), par KERIM ÖMER ÇAĞLAR (en langue turque). Ankara, 1950; 1 vol. 28 cm.

Neutron Cross Sections. *A Compilation of the AEC Neutron Cross Section Advisory group. AECU* 2040. U. S. A. Office of technical Services, Department of Commerce, 1952; 1 vol. 43 × 28 cm.

Célébrités médicales, par EDGAR GOLDSCHMID. Extrait de *Gesnerus,* 9, 30-42. Lausanne, 1952; 1 fasc. 22,5 cm.

Über den medizinischen Aufschwung in den vierziger Jahren des 19 *Jahrhunderts mit einem Verzeichnis der Werke von Hermann Lebert* (1813-1878), von EDGAR GOLDSCHMID. Extrait de *Gesnerus* 6, 17-33, 1949; 1 fasc. 22,5 cm.

Geschichte und Literatur des Lichtwechsels der Veränderlichen Sterne, Zweite Ausgabe enthaltend die Literatur der Jahre 1916-1950, von H. SCHNELLER. Dritten Band Orion-Vulpecula-Berlin, Akademie Verlag, 1952; 1 vol. 30,5 cm.

République française. Ministère de la Défense nationale. Direction centrale des Services de santé des armées. XIIIe *Congrès international de médecine et de pharmacie militaires.* Paris, 17-23 juin 1951. T. II. *Compte rendu général. Discussion des rapports. Communications,* publié par la SECTION TECHNIQUE DU SERVICE DE SANTÉ. Paris, 1952; 1 vol. 24 cm.

OUVRAGES REÇUS PENDANT LES SÉANCES DE SEPTEMBRE 1952.

Éphémérides nautiques ou Extrait de la Connaissance des temps pour l'an 1953. Ouvrage publié par le BUREAU DES LONGITUDES, spécialement à l'usage des marins. Paris, Gauthier-Villars, 1952; 1 fasc. 24 cm.

Carte géologique internationale de l'Afrique. Notice explicative, par R. FURON et G. DAUMAIN. Paris, 1952; 1 fasc. 24 cm (présenté par M. Em. de Margerie).

Mémorial des sciences physiques. Fasc. LIII. *Condensation et adsorption des molécules sur une surface en atmosphère raréfiée*, par F. MARCEL DEVIENNE. Paris, Gauthier-Villars, 1952; 1 fasc. 25 cm (présenté par M. G. Ribaud).

Les exigences en magnésium des plantes, des animaux et de l'homme, par MAURICE JAVILLIER. Extrait du *Bulletin de la Société scientifique d'hygiène alimentaire* « *l'Alimentation et la vie* ». Vol. XL, nos 4, 5, 6 de 1952; 1 fasc. 24 cm.

Instituto para a alta cultura. Centro de estudos de etnologia peninsular. Porto. *L'Industrie préhistorique du Cabeço d'Amoreira* (*Muge*), par l'Abbé JEAN ROCHE. Porto, Imprensa Portuguesa, 1951; 1 vol. 23,5 cm.

Aportacion de la Universidad del Zulia al Primer Congreso Venezolano de Cirugia. Maracaïbo, Universidad del Zulia, 1951; 1 fasc. 23 cm.

Protectorat de la République française au Maroc. Direction de la production industrielle et des mines. Division des mines et de la géologie. Service géologique. *Notices et Mémoires*, no 99. *Recherches sur le néogène et le quaternaire marins de la côte atlantique du Maroc*, par GEORGES LECOINTRE. T. I : *Stratigraphie*. T. II : *Paléontologie*. Paris, Firmin-Didot, 1952; 2 vol. 27 cm.

Enzymatic Reduction of Cystine by Coenzyme I (DPNH)[1,2] par WALTER J. NICKERSON et ANTONIO H. ROMANO. Extrait de *Science*, June 20, 1952. Vol. CXV, no 2999, p. 676-678; 1 feuillet 26 cm.

Biological aspects of antibiotics, par SELMAN A. WAKSMAN. Extrait de *Frontiers in Medicine : The March of Medicine* 1950. New York, Columbia University; 1 fasc. 20,5 cm.

Streptomycin. Isolation, Properties and Utilization, par SELMAN A. WAKSMAN. Extrait de *Journal of the History of medicine and allied sciences* 1951, 3, p. 318-347; 1 fasc. 25 cm.

Concerning « Bio-dynamic Farming » and « organic gardening », par SELMAN A. WAKSMAN. Extrait de *Better Crops with Plant Food Magazine*. Washington, American Potash Institute, 1951; 1 feuillet 23 cm.

Studies on streptomyces lavendulæ, par SELMAN A. WAKSMAN, DALE HARRIS et M. LECHEVALIER. Extrait de *Journal of Bacteriology*. Vol. LXII, no 2, August 1951; 1 fasc. 25 cm.

G 26. *Natural and Acquired Resistance of Escherichia coli to Neomycin*, par W. P. IVERSON et SELMAN A. WAKSMAN. Extrait de *Bacteriological Proceedings*, 1952; 1 feuillet 25 cm.

(*A suivre.*)



ACADÉMIE DES SCIENCES.

SÉANCE DU LUNDI 20 OCTOBRE 1952.

PRÉSIDENCE DE M. ALBERT CAQUOT.

MÉMOIRES ET COMMUNICATIONS

DES MEMBRES ET DES CORRESPONDANTS DE L'ACADÉMIE.

M. le **Président** souhaite la bienvenue à MM. **G. V. Bogomolov**, Correspondant de l'Académie des sciences de Biélorussie, **N. P. Semenenko**, Membre de l'Académie des sciences de l'Ukraine, **I. P. Guerassimov**, Correspondant de l'Académie des sciences de l'U. R. S. S., **K. A. Vlasov**, attaché à l'Académie des sciences de l'U. R. S. S., qui assistent à la séance.

M. le **Président** annonce qu'il vient d'apprendre le décès de M. **Ernest Vessiot**, Membre de la Section de Mécanique, survenu à La Bauche (Savoie), le 17 octobre 1952. L'allocution nécrologique d'usage sera lue en la prochaine séance.

GÉOLOGIE. — *Sur la nature et la signification des* Collenia *précambriennes.* Note de M. **Pierre Teilhard de Chardin**.

J'ai eu dernièrement l'occasion ([1]) d'étudier *in situ*, dans le Précambrien (Beltien) des Montagnes Rocheuses, les classiques *Collenia* de Walcott ([2]).

Et parce que cette visite aux *Collenia* nord-américaines, succédant à celle que j'avais faite quelques mois plus tôt aux *Collenia* sud-africaines ([3]), venait s'ajouter pour moi à une longue expérience des *Collenia* siniennes de Chine du Nord, il m'a semblé que je pouvais me permettre d'appuyer,

---

([1]) Aidé par M. M. E. Beatty, Chef naturaliste du Glacier National Park (Montana), et guidé par M. Richard Rezak, du Service géologique des États-Unis.

([2]) Depuis Walcott, une révision approfondie de ces formations d'origine algaire (?) a été publiée par C. L. Fenton et M. A. Fenton, *Bull. Geol. Soc. America*, **48**, 1937, p. 1873-1970.

([3]) Dans les dolomies précambriennes de la « Transvaal Series », au Nord et au Sud de Pretoria.

en connaissance de cause, sur un certain caractère commun, apparemment, à toutes les *Collenia* du monde, et sur lequel les observateurs ne paraissent pas avoir assez insisté.

Par un certain nombre de particularités, sans doute, les *Collenia* d'Amérique diffèrent de celles de Chine et du Transvaal. D'une part, je ne les ai jamais vues silicifiées ([4]). Et, d'autre part, au lieu de former bancs quasi-continus, elles ont tendance à se grouper en massifs isolés : massifs, tantôt columnaires (*Collenia columnaris* Fenton et Fenton), tantôt bourgeonnant autour d'une sorte d'îlot central (*C. undosa* Walcott), tantôt subdivisés en cônes obliquement orientés par rapport à la sédimentation générale de la roche (*C. frequens* Walcott).

Mais, ces différences secondaires mises à part, un point m'est apparu qui (s'il est vraiment général, comme je le pense) doit attirer l'attention des géologues.

Partout où je les ai vues (au Montana, comme au Transvaal et dans les Collines de Pékin), les *Collenia* apparaissent et sont prises dans de puissantes séries calcareuses (dolomies, argilites, etc.) *finement litées en « varves »* alternativement plus dures-moins dures, plus solubles-moins solubles, plus-siliceuses (ou argileuses)-moins siliceuses. Et, partout où elles se forment, les *Collenia continuent ou reproduisent exactement* (à l'état ondulé, ou enroulé, et souvent un peu épaissi) la texture en varves de la roche-mère ([5]).

En somme, même secondairement isolées en nodosités discontinues, les *Collenia font corps structurellement* avec la totalité de la masse sédimentaire encaissante, celle-ci dépassant du reste en puissance toute formation tuffacée de type présentement connu. De ce chef, qu'elles soient d'origine organique ou inorganique ([6]), les roches à *Collenia* me paraissent représenter, moins un faciès banal et récurrent (comme, par exemple, les oolithes) ([7]), qu'une formation de type spécifique et datable, liée, d'une façon ou de

---

([4]) En Chine, très souvent, et, autour de Pretoria, toujours : les *Collenia* sont formées de chert rubanné.

([5]) En Chine, j'ai pu observer tous les stades entre des *Collenia* « en doigts de gant » (de type *columnaris*) et des *Collenia* simplement ondulées (sinusoïdales) : l'individualisation des « doigts de gant » se faisant par simple pincement, puis suppression des synclinaux (ou des anticlinaux) dans la sinusoïde.

([6]) Le bruit a couru que des traces microscopiques de structure organique (cellulaire) avaient été observées sur des *Collenia* du Congo par les géologues belges.

([7]) Je n'ai rien observé qui ressemblât à des *Collenia* à la base des calcaires jurassiques marins qui, en Abyssinie (Harrar), s'étendent directement sur le cristallin continental, dans des conditions lithologiques rappelant étroitement celles des dolomies précambriennes sur le même continent.

l'autre, à quelque stade primordial (« saison ») des aires continentales, ou de la Vie, ou des deux à la fois ([8]).

Pour trancher la question d'une pareille relation entre *Collenia* et genèse de la Vie ou des continents, il serait essentiel qu'un Comité se dévouât au soin (relativement facile) de *dresser une carte* de la distribution des *Collenia* à travers le monde. Je suis persuadé qu'une telle carte ferait apparaître quelque chose de significatif en « épirogénèse ». Sans compter qu'elle attirerait l'attention des géologues sur certaines lacunes encore béantes (il semble bien) dans nos connaissances en matière de *Collenia* : en Amérique du Sud et en Australie, tout particulièrement.

ÉCONOMIE RURALE. — *Sur la capacité de production des sols.*

Note de MM. **Albert Demolon** et **Stéphane Hénin**.

Est-il possible d'établir une classification des sols d'après leur capacité de production sur une base tirée du sol lui-même? Un tel objectif répond à un double but : 1° Fixer la marge d'amélioration possible des rendements; 2° Introduire une mesure directe dans la fixation de la valeur des sols. La considération des données pédologiques associées à l'expérimentation culturale permet d'atteindre un tel résultat.

Pour une plante donnée, le plafond de production de matière sèche se trouve atteint quand tous les facteurs de croissance jouent simultanément et constamment à leur optimum au cours des diverses phases du développement. Ce maximum absolu relève du laboratoire et nous est inconnu; son intérêt est purement théorique, car la condition précédente n'est jamais réalisée en agriculture. Par contre, on peut se proposer de déterminer le *maximum accessible* dans un sol donné ([1]).

Pendant longtemps, cette propriété fondamentale a été appréciée qualitativement sous le nom de « fertilité ». Récemment, diverses tentatives ont eu pour but de l'évaluer sur des bases positives. Aux Pays-Bas, Edelman ([2]) prenant pour base le profil pédologique a pu établir une classification des sols destinée à une meilleure utilisation, grâce à leur affectation aux cultures les mieux adaptées. En Belgique, de Leenher ([3]) a adopté un mode de détermination de la valeur agricole relative des

---

([8]) Des idées très voisines ont été présentées dernièrement par H. et G. Termier, *Revue Scientifique*, n° 3302, 1949, p. 83.

([1]) Comme le fait remarquer H. Noilhan, la production à l'hectare est le premier criterium de l'activité rurale, la production rapportée au travail humain, considérablement accrue quand on sacrifie la précédente, ne peut intervenir que dans les limites où elle se concilie avec elle (*Rev. Pol. Agr.*, 1951, n°s 6-7, Zurich).

([2]) *C. R. Ac. Agric.*, 34, 1948, p. 636.

([3]) *Trans. IVe Intern. Cong. Soil Sc. Amsterdam*, 1, 1950, p. 352.

types de sol d'une même région en mesurant les récoltes sur de très petites parcelles de nature pédologique différente, mais appartenant à une même pièce, les autres facteurs (travail, fumure, système cultural) étant dans ces conditions identiques. Cette application de la prospection pédologique à l'agriculture fournit d'utiles indications; mais elle ne dégage pas directement les corrélations existant entre certains caractères du profil et les rendements : elle se borne à enregistrer un état de fait considéré comme immuable.

Si, par contre, on modifie divers facteurs jouant un rôle prépondérant, on obtient des courbes asymptotiques qui permettent de définir un maximum accessible pour une plante, un sol et un système de culture donnés. A cet égard, l'expérience montre que deux éléments doivent en premier lieu retenir l'attention; ce sont l'eau et l'azote.

1. L'importance de l'eau apparaît manifestement quand on compare les récoltes obtenues en années pluvieuses et sèches sur divers types de sols. Un sol sableux donne de faibles récoltes, mais bien pourvu d'eau et d'engrais minéraux, il peut donner une production élevée.

En cas d'excès d'humidité, résultant de l'imperméabilité du sous-sol, on ne peut obtenir de rendements satisfaisants sans drainage. En cas de précipitations mal réparties, ce sont la capacité de rétention du sol pour l'eau et la constitution de son profil qui commanderont la récolte. Par exemple, les réserves accumulées par un sol de limon sur une profondeur de 1,25 m ne dépassent pas 200 mm d'eau utilisable. Cette quantité à peine suffisante pour les céréales ne peut subvenir aux besoins de cultures plus exigeantes, telles que la betterave, les plantes fourragères ou maraîchères.

Bien que, si sous notre climat, les sols reviennent à la saturation au cours de la période hivernale, leur état hydrique au cours de l'été présente un déficit plus ou moins important suivant leur constitution par rapport à l'optimum, d'où une productivité se situant généralement entre 30 et 80 % du maximum accessible. Telle est la cause la plus fréquente de la variabilité des rendements dont le plafond, exceptionnellement atteint, s'élève à environ 10-12 t de matière sèche à l'hectare, sous le climat parisien. Celui-ci s'élève à 15 t en culture irriguée pour la luzerne dans les régions méditerranéennes, et à plus de 20 t pour la canne à sucre sous climat tropical.

En définitive, l'utilisation de l'eau dépend étroitement du profil pédologique du sol. Celui-ci détermine également les modalités d'application et l'efficacité des techniques de correction de l'humidité : dry-farming, irrigation et drainage.

2. Si l'eau utilisable fixe un plafond à la productivité, pour l'atteindre il faut, en outre, amener à l'optimum la concentration des éléments

nutritifs par l'emploi des engrais chimiques. A cet égard il importe de fixer en premier lieu l'apport d'azote, pour deux raisons :

1° La loi d'action de l'azote en tant que facteur de croissance montre que c'est l'élément dont l'efficacité est la plus élevée, c'est-à-dire celui qui, pour un même poids, assure la plus forte augmentation relative du rendement.

2° L'azote est presque toujours au minimum dans les sols cultivés; la limite à laquelle il peut être porté, variable avec la plante, détermine le maximum accessible.

L'analyse chimique ne fournissant à cet égard, que des indications de peu de valeur, il faut avoir recours à l'expérimentation directe avec apports croissants d'engrais azotés. La courbe du rendement en fonction de l'apport d'azote présente un maximum variant de 30 à 125 kg suivant les cultures. Mais il convient d'amener au voisinage de leur maximum d'efficacité les autres éléments indispensables, ce qui se trouve facilité par les tests de laboratoire dont on dispose aujourd'hui. Ce sont encore les propriétés du sol qui commanderont les possibilités de stockage, l'assimilabilité et, en définitive, l'efficacité des éléments nutritifs présents dans le milieu ou apportés sous forme d'engrais.

On peut donc formuler le principe suivant : *la capacité de production d'un sol dépend essentiellement de son profil, mais n'atteint son maximum que si les réserves en éléments nutritifs ont été correctement ajustées en fonction de ces propriétés et des besoins de la plante.*

Cette capacité ne peut être déterminée de façon satisfaisante par voie d'enquête et de statistique; elle nécessite l'association de l'étude pédologique et de l'expérimentation culturale conduites de façon adéquate.

Une telle donnée présente un intérêt pratique évident. Elle permet de fixer l'accroissement possible de la production des diverses cultures à partir de leur niveau actuel, dans une mesure déterminée par l'amélioration appropriée des techniques culturales. Les conclusions peuvent être étendues à des milieux comparables à tous égards, c'est-à-dire à des sols de même type, dans une même région.

3. Une telle méthode de travail conduirait à des normes plus précises que celles dont nous disposons actuellement pour fixer la valeur des sols et la politique agricole. Cette dernière peut viser à l'obtention du maximum de produit brut ou à assurer, dans un cadre géographique donné, l'alimentation du plus grand nombre d'hommes. Ceci conduit à considérer la « *capacité nourricière des sols* ». Dans ce but, il faut envisager, non plus la masse, mais la valeur alimentaire des récoltes.

En voici quelques exemples dans le tableau ci-après, les chiffres font apparaître la grande supériorité des plantes racines et des tubercules sur les céréales à égalité de surface.

	Rendement (q/ha).	Énergie calorifique totale par hectare (en milliers de calories).	Énergie utilisable par hectare (en milliers de calories).	Calories disponibles par jour et pour 0,1 ha.	Matières protéiques (grammes par jour et pour 0,1 ha).
Blé (grain).........	30	9 000	7 500	2 000	80
Pomme de terre.....	180	17 000	15 000	4 000	60
Betterave sucrière...	300	24 000	18 000 (*)	5 000	–
Haricot............	18	6 000	–	1 700	120
Prairie (foin).......	50	11 000	3 600	400	100 (viande)

(*) Pour 4 500 kg de sucre.

Les sols capables d'assurer une bonne production de ces récoltes ont donc une capacité nourricière plus grande que les autres. En bonne culture, 0,1 ha par moitié en blé et en pomme de terre, fournit journellement 3 000 calories par tête, soit 0,400 kg de pain et 2,500 kg de pomme de terre. Quant à la production des protéines, à raison de 100 g de viande par jour, elle nécessite environ 0,1 ha, mais une surface plus importante dans le cas fréquent d'élevage extensif négligé. La production de la France peut donc dépasser largement ses besoins alimentaires puisque nous disposons de 0,50 ha de terres arables et de 0,25 ha de prairies par habitant; son intensification doit en conséquence être envisagée avant tout du point de vue économique.

Dans le monde, les terres actuellement productives étant évaluées à 1 600 millions d'hectares pour 2,2 milliards d'habitants, la moyenne par tête est de 0,72 ha, ce qui pourrait assurer un niveau alimentaire plus que suffisant sous réserve de rendements moins anormalement bas. Il semble donc qu'avant de s'orienter vers l'accroissement des surfaces, il convienne d'élever les rendements en recourant aux ressources actuelles des techniques convenablement adaptées aux propriétés des divers types de sols.

THÉORIE DES ENSEMBLES. — *Sur les types d'ordre distincts dont les carrés sont égaux.* Note de Mme **Anne C. Davis** et M. **Waclaw Sierpiński**.

Dans la présente Note nous donnons plusieurs exemples de types d'ordre distincts qui ont le même carré. Le premier exemple de ce phénomène, à savoir, deux types d'ordre dénombrables α, β tels que $\alpha^2 = \beta^2$ et $\alpha \neq \beta$ fut découvert en 1951 par Mme Anne C. Davis (1) et simplifié ultérieurement par W. Sierpiński. Nous montrons aussi que l'on peut trouver trois types dénombrables α, β, γ tels que $\alpha^2 = \beta^2 = \gamma^2$.

(1) *Bull. Amer. Math. Soc.*, 58, 1952, p. 382.

Dans ce qui suit, ω, ω^*, η désignent, comme à l'ordinaire, respectivement les types ordinaux des entiers positifs, des entiers négatifs, et des nombres rationnels pris dans leur ordre naturel.

Nous utiliserons les deux propriétés élémentaires suivantes du type η :

1° Si τ est le type d'un ensemble ordonné non vide dénombrable, alors $\eta = \eta.\tau$;

2° Si τ est le type d'un ensemble ordonné non vide dénombrable (a) sans élément dernier, ou (b) sans élément premier, alors (a) $\eta = (\eta + 1).\tau$, ou (b) $\eta = (1 + \eta).\tau$.

Nous pouvons maintenant obtenir un exemple particulièrement simple de deux types d'ordre dénombrables ayant le même carré :

Soit $\alpha = \omega.\eta$, $\beta = \alpha + \omega$. Il est clair que $\alpha \neq \beta$, puisque tous les restes non nuls de α sont ou du type α, ou du type $\omega + \alpha$, alors que β a un reste de type ω. De plus (1) et (2) entraînent évidemment que $\alpha^2 = \omega.(\eta.\omega).\eta = \alpha$ et $\beta^2 = \omega.[(\eta + 1).\omega].(\eta + 1) = \alpha$.

Nous voyons ainsi que l'équation $\xi^2 = \alpha = \omega.\eta$ a au moins deux solutions différentes : $\xi_1 = \alpha$ et $\xi_2 = \alpha + \omega$. On peut montrer qu'elle n'a pas d'autre solution. En effet supposons que $\xi^2 = \alpha$. Si l'on représente ξ sous la forme $\xi = z + 1 + \nu$ on obtient $\xi.z + \xi + \xi\nu = \alpha$ de sorte que ξ est un « segment intermédiaire » de α. On en déduit aisément que ou bien $\xi = \alpha + \eta$ pour un entier n convenablement choisi ($n = 0, 1, \ldots$), ou bien $\xi = \alpha + n$ ou bien $\xi = \omega + \alpha + \eta$ pour un entier n ou encore $\xi = \omega + \alpha + \omega$. Mais puisque ξ^2 est le type d'un ensemble ordonné sans premier et sans dernier élément, il en est aussi de même pour ξ. Ceci implique que $\xi = \alpha$ ou bien $\xi = \alpha + \omega$, C. Q. F. D.

De la même manière, on peut montrer que l'équation $\xi^2 = \alpha = (\omega^* + \omega).\eta$ possède exactement trois solutions : $\xi_1 = \alpha$, $\xi_2 = \alpha + (\omega^* + \omega)$ et $\xi_3 = (\omega^* + \omega) + \alpha$.

De façon générale, si τ est le type d'un ensemble dénombrable non vide clairsemé, n'ayant ni premier ni dernier élément, alors l'équation $\xi^2 = \alpha = \tau.\eta$ admet au moins trois solutions différentes $\xi_1 = \alpha$, $\xi_2 = \alpha + \tau$ et $\xi_3 = \tau + \alpha$. On peut prendre pour τ l'un de $2^{\aleph_0}$ types, par exemple les types de la forme $\tau = \sum_{i=1}^{\infty} (\omega^* + \omega + n_i)$ où les n_i (pour $i = 1, 2, \ldots$) sont les types finis 0 ou 1 ([2]).

Il est naturel de demander s'il existe des types d'ordre non dénombrables α pour lesquels l'équation $\xi^2 = \alpha$ admet deux solutions différentes. M. A. Tarski nous a signalé que la réponse à cette question est affirmative si l'on admet l'hypothèse du continu. En effet, si l'on pose $\alpha = \omega_1.\eta_1$ où ω_1 est le plus petit

---

([2]) Les équations $\xi^n = \alpha$ ayant un nombre (fini ou infini) de solutions sont discutées dans la Note suivante de Mme ANNE C. DAVIS, *Comptes rendus*, 235, 1952 (à paraître).

nombre ordinal non dénombrable et η_1 le type d'ordre défini par Hausdorff ([3]) on peut montrer que $\xi_1 = \alpha$ et $\xi_2 = \alpha + \omega_1$ sont solutions de $\xi^2 = \alpha$.

Tous les résultats de cette Note restent vrais si l'on remplace $\xi^2 = \alpha$ par l'équation $\xi^n = \alpha$ où n est un entier naturel ≥ 2. A ce sujet nous signalons les deux problèmes suivants qui ne sont pas encore résolus :

Existe-t-il deux types d'ordre α et β tels que $\alpha^2 = \beta^2$ et $\alpha^3 \neq \beta^3$?

Existe-t-il deux types d'ordre α et β tels que $\alpha^2 \neq \beta^2$ et $\alpha^3 = \beta^3$?

GÉOPHYSIQUE. — *Observation du champ électrique atmosphérique à Khartoum durant l'éclipse totale de Soleil du 25 février 1952.* Note de M. **Alexandre Dauvillier.**

L'auteur a étudié, par un enregistrement permanent d'une dizaine de jours, le régime du champ électrique terrestre à Khartoum à l'époque de l'éclipse du 25 février. En accord avec le résultat obtenu par Chauveau, lors de l'éclipse du 17 avril 1912, et contrairement aux affirmations déduites d'observations récentes, aucune influence de l'éclipse sur le champ n'a été constatée.

Indépendamment d'autres observations, j'ai recherché l'influence de l'éclipse du Soleil du 25 février sur le champ électrique terrestre. En outre, comme de pareilles mesures n'avaient jamais encore été effectuées sous le climat désertique du Soudan, j'ai profité du séjour de la mission du Bureau des Longitudes pour effectuer un enregistrement permanent du champ durant dix jours consécutifs encadrant largement celui de l'éclipse.

Une influence des éclipses de Soleil sur le champ a été recherchée depuis le début du siècle, dans une vingtaine de cas, avec des résultats contradictoires. Seules, les observations effectuées par enregistrement continu et par beau temps doivent être retenues. Parmi celles-ci (Nordmann à Philippeville, en 1905, Mauchly et Thomson à Sobral, en 1919, Rouch en 1921), celle de Chauveau ([1]) effectuée au Bureau Central Météorologique, le 17 avril 1912, dans d'excellentes conditions, est particulièrement démonstrative : aucune influence ne fut constatée.

Cependant, durant ces dernières années, plusieurs auteurs ont insisté sur la réalité d'un effet important. Lors de l'éclipse du 9 juillet 1945, E. Sucksdorff ([2]) a observé à Kokkola (Finlande), par très beau temps, une forte diminution du champ (50 %) débutant 2 h avant le premier contact, suivie d'un minimum pendant la totalité et d'une croissance très lente après le 4[e] contact. Par contre, durant la même éclipse, J. T. Wilson

([3]) *Grundzüge der Mengenlehre*, 1914, p. 179.

([1]) *Comptes rendus*, **154**, 1912, p. 1652.

([2]) *Terr. Magn.*, **51**, 1946, p. 171-176.

a constaté à Gods Lake (Baie d'Hudson), un accroissement considérable du champ (de — 150 V/m à + 75 V/m) pendant la totalité, suivi d'un retour à la valeur initiale. Lors de l'éclipse du 20 mai 1947, Da Costa Ribero aurait également observé au Brésil, un effet important.

Les phénomènes de l'électricité atmosphérique sont, on le sait, localisés dans le diélectrique du condensateur sphérique constitué par la surface terrestre et la couche ionosphérique D. Bien qu'une action des rayonnements solaires sur celle-ci soit possible, tel le rayonnement Röntgen mou issu de la couronne, le champ est si localisé au voisinage du sol qu'une influence sensible demeure peu probable. Si ce rayonnement coronal était en cause, l'éclipse ne devrait, d'ailleurs, provoquer qu'un faible effet.

J'ai utilisé l'électromètre enregistreur précédemment décrit (3) établi par Brion et Leroux en 1936 grâce à la subvention accordée par l'Académie. Cet excellent instrument, à lecture directe et aisément transportable, enregistre par pointés sur papier étalonné à la cadence de frappe de 45 s avec une avance horaire de 2 cm. La station fut établie sur la vaste terrasse d'une villa située dans la banlieue Sud de Khartoum (latitude : 15°36′N; longitude : 32°33′E; altitude : 390 m). Une ligne horizontale de 8 m de longueur, isolée au plexiglas, tendue à 2 m au-dessus du sol et munie en son milieu d'une prise de potentiel au polonium, a permis la réalisation de mesures absolues. La sécheresse extrême régnant dans le désert à cette époque assurait un parfait isolement. L'inertie était négligeable, la durée totale de charge de tout le système isolé n'excédant pas 8 s. La sensibilité fut réglée à 3,5 V/mm, l'échelle correspondant à ± 180 V.

Le régime météorologique, durant ces observations, est demeuré simple et caractérisé par l'absence totale de nuages bas et de précipitations, l'existence passagère de nuages cirreux élevés, d'un fort vent diurne dominant du Nord et provoquant des tempêtes de sable hebdomadaires, selon un cycle de relaxation. Pendant celles-ci, un champ négatif élevé, supérieur à 100 V/m, était observé, même en l'absence de prise de potentiel. Ce champ perturbateur est tout à fait analogue à ceux que l'on observe dans les régions polaires pendant les tempêtes de neige.

L'allure du champ, en cette saison du désert soudanais, est toute particulière et remarquable, abstraction faite des perturbations : C'est une onde diurne simple, présentant un minimum durant les premières heures de la matinée et un maximum dans la soirée. Le tableau suivant résume les époques et les amplitudes observées.

Il est remarquable de constater que les époques des minima et maxima sont voisines de celles observées statistiquement sur les océans, dans les

(3) *Comptes rendus*, 216, 1943, p. 661.

régions polaires et au-dessus de la vase atmosphérique continentale : 4 h et 19 h T. U., c'est-à-dire que l'on retrouve immédiatement la variation diurne pure mondiale selon le temps universel. La valeur moyenne du champ donnée par cette courte statistique est, pour cette saison, de 39 V/m.

1952 Février.	Minimum Heure T. U.	Minimum Amplitude (V/m).	Maximum Heure T. U.	Maximum Amplitude (V/m).	Remarques.
19	1 1/2	12	19 1/2	65	Calme
20	2	15	19	75	
21	2	15	18	> 90	
22	3 1/2	17	...	...	Vent de sable dès 5 h (visibilité : 300 m)
23	3	(40)	–	–	
24	–	–	18	47	Ciel diffusant
25	3	17	18	39	Cirri à l'Est
26	2	11	16 1/2	50	Ciel pur
27	4	12	18 1/2	75	Cirri à l'Ouest
28	2 1/2	12	–	–	Cirri à l'Est
Moyennes	2 1/2	14	18	64	

Bien que de même durée sous cette latitude, les régimes diurne et nocturne présentent un aspect tout différent : alors que les courbes nocturnes sont régulières et continues, les courbes diurnes sont dispersées avec tendance au renversement du champ. Le passage d'un régime à l'autre correspond au lever et au coucher du Soleil. Le minimum et le maximum ayant lieu tous deux pendant la nuit, on peut même se demander s'ils ne sont pas, en partie, simulés par l'affaiblissement diurne du champ. Les seuls accidents présentés par les courbes nocturnes sont des impulsions positives (une dizaine par nuit), irrégulières, pouvant atteindre toute l'échelle, mais espacées et ne durant que quelques minutes. Leur origine demeure inconnue.

Le 25 février, le champ a été perturbé depuis 5 h (T. U.) jusqu'à 8 h 30 m par un fort vent du Nord légèrement poussiéreux (ciel diffusant), provoquant des champs négatifs atteignant 100 V/m à 8 h. Il est ensuite demeuré calme et peu dispersé pendant toute la journée. Le premier contact (0750) a coïncidé avec le maximum de cette perturbation. Pendant la totalité (0909-0912), le champ avait la valeur régulière et constante de 15 V/m. Aucun effet attribuable à l'éclipse n'a été constaté durant 2 h, en accord avec l'observation de Chauveau. Les effets reconnus lors de précédentes observations doivent être attribués aux nombreuses variations accidentelles inhérentes au champ.

BIOLOGIE. — *Sur la mesure du temps d'imprégnation post-toxique (acide acétyl-salicylique, alcool, plomb, benzol) de l'organisme par la chronaximétrie vestibulaire.* Note (*) de M. **Georges Mouriquand**, Mmes **Violette Edel** et **Renée Chighizola**.

Par des recherches antérieures (1) nous avons montré qu'il existait des substances (médicamenteuses ou autres) qui étaient les unes « abaissantes » de la chronaxie vestibulaire (2) (technique de G. Bourguignon), les autres « élévatrices », les autres « neutres » sans effets notables sur cette chronaxie.

En ce qui concerne les substances toxiques proprement dites, nous pouvons également opposer (au moins pour certaines d'entre elles) les substances abaissantes aux substances élévatrices de cette chronaxie.

Parmi les substances « abaissantes », nous avons retenu l'acide acétyl-salicylique et l'alcool; pour les « élévatrices », le plomb et le benzol.

Mais le but de cette Note est de montrer la longueur du temps de persistance d'action de ces toxiques sur la chronaxie vestibulaire, après leur suppression, cette persistance d'action en l'absence des signes cliniques classiques nous permet, en dehors de toutes autres mesures (d'ailleurs désirables) de juger de la persistance d'imprégnation de l'organisme par un toxique désormais écarté.

Sur ce point, notre attention a été d'abord attirée par le fait suivant : une jeune fille, intoxiquée par 2 g d'aspirine est amenée à l'hôpital (Prof. Dechaume) dans le coma. Après son réveil, le surlendemain, sa chronaxie vestibulaire est à 0,40 σ. Rétablie dans son état général au bout de 4 jours, sa chronaxie reste fortement abaissée, se relevant lentement jusqu'au 17e jour, jour de son départ, où elle est encore à 6 σ (normale 12 à 15 σ).

Dans ce cas, seule la chronaxie vestibulaire marquait alors le « souvenir » de l'intoxication après la disparition des signes cliniques.

L'expérimentation (homme, pigeons) a permis d'établir l'existence de faits comparables, notamment en ce qui concerne le temps d'imprégnation alcoolique (3) après cessation de l'intoxication alcoolique. Ce temps d'imprégnation manifesté par l'abaissement de la C. V. est d'autant plus prolongé que le temps d'intoxication alcoolique proprement dit a été plus long. En ce qui concerne l'action de certains toxiques « élévateurs » de la chronaxie vestibulaire, nous rappelons que G. Bourguignon, F. Benoist et A. Bourguignon (4) ont montré l'existence de cette élévation chez les intoxiqués

---

(*) Séance du 13 octobre 1952.

(1) G. Mouriquand et J. Coisnard, *Presse Médicale*, n° 12, 1946, p. 173.

(2) Ou indice chronologique vestibulaire (L. Lapicque).

(3) G. Mouriquand, V. Edel et R. Chighizola, *Bull. Acad. Nat. Méd.*, nos 5 et 6, 1949, p. 107.

(4) *Semaine des Hôpitaux de Paris*, 14 novembre 1950, p. 3990.

chroniques par l'oxyde de carbone. Nous avons constaté également le fait et observé, avec L. Roche, que cette élévation persistait chez des ouvriers des semaines et parfois des mois après la suppression du toxique.

Mais nous avons vu que cette « élévation » chronaxique n'est pas caractéristique de la seule intoxication oxycarbonée, car nous l'avons rencontrée, entre autres, chez nombre d'ouvriers intoxiqués par le plomb et le benzol, le sulfure de carbone, etc. Dans ces cas aussi persiste, pendant des semaines et des mois après la suppression du toxique, l'élévation de la chronaxie vestibulaire.

Connaissant, par nos recherches antérieures, la similitude des réactions chronaxiques vestibulaires chez le Pigeon et chez l'Homme, nous avons institué, chez le premier les expériences suivantes. Des lots de pigeons ont reçu, les uns tous les jours, les autres tous les deux jours, les autres tous les trois jours, une goutte de sous-acétate de plomb, soit 0,02 g de plomb; tous ont présenté une élévation progressive de leur C. V. (22-28 σ), mais, seuls, les pigeons recevant 0,02 g tous les trois jours ont survécu assez longtemps pour permettre de poursuivre l'expérience. Lorsque la C. V. a atteint un maximum (non dépassable), le toxique est supprimé. La C. V. met alors plus de 100 jours pour revenir à son point de départ. Pendant tout le cours de l'expérience, aucun signe pathologique n'est observé (achoppement, raccourcissement du vol).

Nous avons pu faire une observation identique chez les pigeons intoxiqués 6 h par jour par des vapeurs de benzol. Au cours de cette intoxication, aucun signe clinique n'a été observé pendant que la chronaxie vestibulaire s'élevait de 12-15 σ à 21-29 σ, au bout de 40 jours.

L'intoxication étant alors suspendue, la C. V. est revenue lentement à la normale au bout de 70 jours environ.

Aussi bien dans l'intoxication lente par le plomb que pour le benzol, l'état général pondéral, moteur sont restés normaux.

Cet apparent équilibre nutritif persiste donc après la suppression du toxique, alors que la chronaxie vestibulaire revient avec une extrême lenteur à son point de départ. Seule alors la persistance de l'élévation de cette chronaxie semble marquer la persistance des effets de l'action toxique sur un organisme cliniquement normal.

Pour l'alcool et l'acide acétylsalicylique, la longue persistance de l'abaissement de la C. V. après leur suppression, précise également le temps d'imprégnation toxique.

Ces cas réalisent un type de « maladie chronaxique » ([5]). Le toxique est-il encore présent ou les troubles chronaxiques marquent-ils la seule

---

([5]) G. Mouriquand et J. Coisnard, *Presse Médicale*, n° 12, 1946, p. 173.

« séquelle » de son action?. Des recherches biochimiques et hématologiques parallèles à la mesure de la chronaxie vestibulaire pourraient, sans doute, répondre à cette question.

M. **Georges Guillain** dépose sur le Bureau de l'Académie une *Notice* sur la vie et l'œuvre de son prédécesseur, Hyacinthe Vincent, qui sera imprimée dans le Recueil des *Notices et discours*.

Les Ouvrages suivants sont présentés :

par M. **André Danjon** : Observatoire de Paris. Section d'astrophysique de Meudon. *Catalogue général des orbites de comètes de l'an* — 466 *à* 1952, par Fernand Baldet et Mlle G. de Obaldia.

par M. **Charles Jacob** : *Traité de tectonique*, par Jean Goguel.

CORRESPONDANCE.

M. le **Maire d'Avignon** invite l'Académie à se faire représenter à l'inauguration de l'**Institut méditerranéen du Palais du Roure** qui aura lieu dans cette ville, le 4 novembre 1952. M. **Charles Dugas**, Membre de l'Académie des Inscriptions et Belles-Lettres, Doyen de la Faculté des Lettres de Lyon représentera l'Académie.

M. **Fernand Baldet** prie l'Académie de bien vouloir le compter au nombre des candidats à la place vacante, dans la Section d'Astronomie, par le décès de M. *Bernard Lyot*.

ANALYSE MATHÉMATIQUE. — *Sur une équation intégrodifférentielle non linéaire.* Note de M. **Serge Colombo**, présentée par M. Henri Villat.

Soit l'équation intégrodifférentielle non linéaire

$$a f(x) - x f'(x) + \int_0^x f(\xi) f^{(n+1)}(x-\xi)\, d\xi = g(x), \tag{1}$$

dans laquelle a désigne une constante et $g(x)$ une fonction donnée. La solution correspondant aux conditions

$$f(0) = a_0, \quad f'(0) = a_1, \quad \ldots, \quad f^{(n)}(0) = a_n$$

peut généralement se calculer dès qu'on connaît une solution particulière $f_1(x)$. On le constate immédiatement en posant $f(x) \supset \varphi(p)$, $g(x) \supset \psi(p)$ et en

remarquant qu'on doit avoir

$$p\varphi' + p^n\varphi^2 - [a_0p^n + a_1p^{n-1} + \ldots + a_{n-1}p + (a_n - a)]\varphi = \psi(p); \tag{2}$$

cette dernière équation est une équation de Riccati que l'on peut résoudre car on connaît la solution particulière $\varphi_1(p) \subset f_1(x)$. Cette façon de procéder a déjà été signalée par M. Louis Poli.

Si $g(x) \equiv 0$, alors $\psi(p) \equiv 0$ et (2) se ramène à une équation linéaire en prenant pour nouvelle inconnue $u = (1/\varphi)$. Si de plus on suppose $a_0 = a_1 = \ldots = a_n = 0$, on est amené à distinguer deux cas :

1° $a \neq n$. On aura

$$\varphi(p) = \frac{n-a}{p^a(p^{n-a} + c)}$$

c désignant la constante d'intégration. On notera que pour a entier la solution s'exprime à l'aide des sinus généralisés de Louis Poli ([1]).

2° $a = n$. On aura

$$\varphi(p) = p^{-n}(\log p + \log c)^{-1},$$

ce qui donne

$$f(x) = c^n \nu\left(\frac{x}{c}, n\right)$$

avec ([2])

$$\nu(x, n) = \int_0^\infty \frac{x^{\xi+n}}{\Gamma(\xi + n + 1)} d\xi.$$

On retrouve ainsi une propriété déjà signalée de cette fonction ([3]). On peut d'ailleurs écrire aussi (en prenant $c = 1$)

$$n\nu(x, n) - x\nu'(x, n) + \int_0^x \nu^{(\alpha)}(\xi, n)\nu^{(\beta)}(x - \xi, n)\, d\xi = 0,$$

avec $\alpha + \beta = n + 1$, et cette formule reste encore valable si α, β et n ne sont pas des entiers, la définition de Riemann-Liouville des dérivées d'ordre fractionnaire étant alors adoptée.

TOPOLOGIE ALGÉBRIQUE. — *L'anneau local d'un anneau différentiel à filtration réelle; ses relations avec l'anneau d'homologie.* Note (*) de M. **René Deheuvels**, présentée par M. Paul Montel.

Cette Note fait suite à une précédente dont nous conservons les notations. Moyennant une condition imposée à la filtration f, les anneaux dérivés, et en particulier l'anneau local, permettent de décrire complètement les éléments critiques de f, et sont en relation étroite avec l'anneau d'homologie.

(1) *Ann. Soc. Scientifique de Bruxelles*, 60, 1940, p. 15-30.

(2) P. Humbert et L. Poli, *Bull. Soc. Math.*, 68, 1944.

(3) S. Colombo, *Annales des Télécommunications*, 5, octobre 1950, p. 347-364.

(*) Séance du 13 octobre 1952.

1. Les anneaux dérivés du type $E(w_1, r-0, r, w_4)$, $(w_1 \leqq r-0, w_4 \geqq r)$, forment un tableau à double entrée dont le terme initial $\mathcal{L}_r = E(r-0, r-0, r, r)$ est la limite des anneaux d'homologie des anneaux $\mathcal{A}^{r-\varepsilon}/\mathcal{A}^r$ lorsque $\varepsilon \gtrless 0$. Nous appellerons $\mathcal{L}_r$ l'anneau local au niveau r, et l'anneau composé $\mathcal{L} = \sum_r \mathcal{L}_r$, l'*anneau local* de $\mathcal{A}$.

$\mathcal{R}_r = E(r-0, r-0, r, \infty)$ est canoniquement contenu dans $\mathcal{L}_r$ et

$$\mathcal{R} = \sum_r \mathcal{R}_r \subset \mathcal{L}.$$

Le terme extrême du tableau est $\mathcal{K}_r = E(-\infty, r-0, r, \infty)$. L'anneau

$$\mathcal{K} = \sum_r \mathcal{K}_r = \sum_r \lim_{\varepsilon \gtrless 0} \mathcal{C}^{r-\varepsilon}/(\mathcal{C}^r + \mathcal{D}^{r-\varepsilon})$$

est l'anneau composé $\mathcal{G}\mathcal{H}\mathcal{A}$ associé à l'anneau d'homologie $\mathcal{H}\mathcal{A} = \mathcal{C}/\mathcal{D}$ de $\mathcal{A}$, filtré à partir de f.

Soient $\mathcal{M} = \sum_r D(r-0, r, r, \infty)$; $\mathcal{N} = \sum_r D(-\infty, r-0, r-0, r)$. On a les suites exactes :

$$0 \to \mathcal{R} \to \mathcal{L} \xrightarrow{\delta} \mathcal{M} \quad \text{et} \quad 0 \to \mathcal{N} \to \mathcal{R} \to \mathcal{K} = \mathcal{G}\mathcal{H}\mathcal{A}.$$

Lorsque le dernier homomorphisme $\mathcal{R} \to \mathcal{K}$ est un homomorphisme sur, la connaissance de $\mathcal{H}\mathcal{A}$ donne des renseignements sur $\mathcal{L}$.

2. Le cas important est celui où *toutes* les suites exactes du type (ξ) sur le lattice W sont complètes : les homomorphismes r et δ correspondants, limites d'homomorphismes sur, sont des homomorphismes sur. En effet, dans ce cas :

pour qu'une valeur soit critique, il faut et il suffit qu'un anneau dérivé attaché à cette valeur soit différent de zéro;

tout anneau dérivé est une image d'un sous-anneau de l'anneau local : les valeurs critiques sont donc les r pour lesquels $\mathcal{L}_r \neq 0$.

Une condition suffisante pour qu'il en soit ainsi est la suivante : pour tout p, l'ensemble des valeurs r pour lesquelles $E(p, r-0, r, r) \neq 0$, est discret à gauche, c'est-à-dire que pour chaque x, il existe un intervalle à gauche : $x-\varepsilon < y < x$ ne contenant aucune valeur de l'ensemble.

Cette condition n'entraîne pas que l'ensemble des valeurs critiques soit discret ni même discret à gauche.

On peut alors préciser les relations entre $\mathcal{H}\mathcal{A}$ et $\mathcal{L}$: soient plus généralement pour $h \geqq 0$:

$$\mathcal{L}(h) = \sum_r E(r-h-0, r-0, r, r+h), \qquad \mathcal{R}(h) = \sum_r E(r-h-0, r-0, r, \infty),$$

$$\mathcal{M}(h) = \sum_r D(r-0, r, r+h, \infty), \qquad \mathcal{N}(h) = \sum_r D(-\infty, r-h-0, r-0, r)$$

vérifiant les suites exactes :

$$0 \to \mathcal{Q}(h) \to \mathcal{L}(h) \overset{\partial}{\to} \mathcal{M}(h) \to 0,$$
$$0 \to \mathcal{N}(h) \to \mathcal{Q}(h) \to \mathcal{K} \to 0,$$

$\mathcal{M}(h)$ et $\mathcal{N}(h)$ sont filtrés et ont des anneaux composés associés isomorphes.

Explicitons dans le cas particulier suivant :

$\mathcal{A}$ possède un degré $\geqq 0$, compatible avec la filtration [chacun des anneaux $\mathcal{G}\mathcal{A}$, $\mathcal{H}\mathcal{A}$, $\mathcal{G}\mathcal{H}\mathcal{A}$, $Q(w)$, est alors, comme groupe additif, somme directe de ses composantes homogènes : $(\mathcal{H}\mathcal{A})^{(n)}$, $Q(w)^{(n)}$, ...], et pour tout n, $(\mathcal{H}\mathcal{A})^{(n)}$ et $\mathcal{L}(h)^{(n)}$ ont un nombre fini de générateurs comme $\mathcal{O}$-modules sur un anneau d'opérateurs permis $\mathcal{O}$ de $\mathcal{A}$).

Soient L_n^h et R_n les rangs sur $\mathcal{O}$ de $\mathcal{L}(h)^{(n)}$ et de $(\mathcal{H}\mathcal{A})^{(n)}$, $L_n'^h$ et R_n' leurs nombres minima de générateurs; ils vérifient les inégalités :

$$L_n'^h \geqq R_n', \qquad L_0^h \geqq R_0, \qquad \sum_{0 \leq i \leq n} (-1)^{n-i}(L_i^h - R_i) \geqq 0.$$

la dernière inégalité devenant une égalité si le degré de $\mathcal{A}$ est $\leqq n$.

On généralise ainsi la théorie des « rank and span » de M. M. Morse [1].

3. La structure multiplicative de $\mathcal{H}\mathcal{A}$ renseigne également sur l'anneau local : soient $\mathcal{J}$ un idéal permis de $\mathcal{A}$, $\mathcal{J}'$ l'image de $\mathcal{H}\mathcal{J}$ dans $\mathcal{H}\mathcal{A}$, telle que le nombre maximum χ_r d'éléments de $\mathcal{J}'$ dont le produit a une filtration $\leqq r$ soit fini pour tout r. Lorsque l'homomorphisme $\mathcal{Q} \to \mathcal{K}$ est un homomorphisme sur, l'ensemble des valeurs critiques de f contenant l'ensemble image de la filtration de $\mathcal{H}\mathcal{A}$: les valeurs r pour lesquelles $\chi_r > \lim_{\varepsilon > 0} \chi_{r-\varepsilon} = \chi_{r-0}$ sont des valeurs critiques; de plus on est assuré que $\mathcal{Q}_r (\subset \mathcal{L}_r)$ contient au moins $\chi_r - \chi_{r-0}$ éléments de produit non nul.

Dans le cas particulier de l'anneau gradué précédent, si $\mathcal{J}$ est l'idéal des éléments de $\mathcal{A}$ de degré > 0, on généralise ainsi un théorème de Froloff et Elsholz [2].

GÉOMÉTRIE. — *Formules matricielles relatives aux complexes linéaires et aux faisceaux de complexes linéaires.* Note de M. **André Charrueau**, présentée par M. Henri Villat.

1. Cette Note fait suite à une Note récente [1], dont nous conservons les

(1) *Ann. Math.*, 1940, p. 419-454.
(2) *Rec. Math. de Moscou*, 42, 1935, p. 637-643.

(1) *Comptes rendus*, 234, 1952, p. 2252 et 2656.

notations. Nous en considérons d'abord les paragraphes 1 et 3. Nous avons [2]

$$(1) \qquad \mathcal{A}_1\mathcal{B}_2+\mathcal{A}_2\mathcal{B}_1=\omega_{12}\|1\|, \qquad \mathcal{B}_1\mathcal{A}_2+\mathcal{B}_2\mathcal{A}_1=\omega_{12}\|1\|;$$

$$(2) \qquad \mathcal{A}_1\mathcal{B}_1=\mathcal{B}_1\mathcal{A}_1=\omega_1\ \|1\|, \qquad \mathcal{A}_2\mathcal{B}_2=\mathcal{B}_2\mathcal{A}_2=\omega_2\ \|1\|.$$

$\|1\|$ désigne la matrice unité d'ordre 4. $\mathcal{B}_2\ \mathcal{A}_1$ et $\mathcal{B}_1\ \mathcal{A}_2$ sont égales respectivement aux transposées de $\mathcal{A}_1\ \mathcal{B}_2$ et $\mathcal{A}_2\ \mathcal{B}_1$. Multiplions par $\mathcal{A}_1$ les deux membres de la première formule (1). Tenant compte d'une des égalités (2), nous obtenons la formule (1) de la Note précitée. Soient $\mathcal{E}_1$, $\mathcal{E}_2$, $\mathcal{E}_{12}$, $\mathcal{E}_{21}$ les polarités relatives aux complexes $\mathcal{C}_1$, $\mathcal{C}_2$, $\mathcal{C}_{12}$, $\mathcal{C}_{21}$. Les formules (8) et (9) de notre dernière Note montrent que

$$(3) \qquad \mathcal{E}_{12}=\mathcal{E}_2\mathcal{E}_1\mathcal{E}_2, \qquad \mathcal{E}_{21}=\mathcal{E}_1\mathcal{E}_2\mathcal{E}_1.$$

2. Considérons un faisceau de complexes linéaires dont *les deux complexes spéciaux ont leurs axes distincts et non concourants*. Soient A_0, B_0, ..., F_0 et A'_0, B'_0, ..., F'_0 les coefficients des équations de ces complexes spéciaux; $\mathcal{A}_0$, $\mathcal{B}_0$ et $\mathcal{A}'_0$, $\mathcal{B}'_0$ les matrices analogues à $\mathcal{A}_1$ et $\mathcal{B}_1$ du paragraphe précédent et relatives aux dits complexes spéciaux. On a, comme au paragraphe 4 de notre dernière Note,

$$\omega_0=A_0D_0+B_0E_0+C_0F_0=0, \qquad \omega'_0=A'_0D'_0+B'_0E'_0+C'_0F'_0=0,$$
$$\omega''_0=A_0D'_0+A'_0D_0+B_0E'_0+B'_0E_0+C_0F'_0+C'_0F_0\neq 0.$$

Considérons un nombre quelconque, n, de complexes non spéciaux du faisceau définis par les matrices $\mathcal{A}_1=\mathcal{A}_0+\xi_1\mathcal{A}'_0$, ..., $\mathcal{A}_n=\mathcal{A}_0+\xi_n\mathcal{A}'_0$. Soient $\mathcal{E}_1$, $\mathcal{E}_2$, ..., $\mathcal{E}_n$ les polarités correspondantes. Écrivons

$$\mathcal{B}_1=\mathcal{B}_0+\xi_1\mathcal{B}'_0, \qquad \ldots, \qquad \mathcal{B}_n=\mathcal{B}_0+\xi_n\mathcal{B}'_n, \qquad T_n=\mathcal{E}_1\mathcal{E}_2\ldots\mathcal{E}_n.$$

Premier cas : n est pair et égal à 2p. — On obtient

$$(4) \qquad \mathcal{A}_1\mathcal{B}_2\mathcal{A}_3\ldots\mathcal{B}_n=\omega''^{p-1}_0(\xi_2\xi_4\ldots\xi_n\mathcal{A}_0\mathcal{B}'_0+\xi_1\xi_3\ldots\xi_{n-1}\mathcal{A}'_0\mathcal{B}_0),$$

$$(5) \qquad \mathcal{B}_1\mathcal{A}_2\mathcal{B}_3\ldots\mathcal{A}_n=\omega''^{p-1}_0(\xi_2\xi_4\ldots\xi_n\mathcal{B}_0\mathcal{A}'_0+\xi_1\xi_3\ldots\xi_{n-1}\mathcal{B}'_0\mathcal{A}_0),$$
$$\mathcal{A}_0\mathcal{B}'_0+\mathcal{A}'_0\mathcal{B}_0=\mathcal{B}_0\mathcal{A}'_0+\mathcal{B}'_0\mathcal{A}_0=\omega''_0\|1\|.$$

L'inverse de la transposée de la matrice (4) est égale à la matrice (5) divisée

[2] Nous calculons le produit d'une matrice $\mathcal{M}_1$ par une matrice $\mathcal{M}_2$ suivant la règle habituelle (multiplication de la ligne i de $\mathcal{M}_2$ par la colonne j de $\mathcal{M}_1$ pour obtenir le terme d'indice ij du produit). Mais nous désignons ici ce produit par $\mathcal{M}_1\mathcal{M}_2$ (au lieu de $\mathcal{M}_2\mathcal{M}_1$, comme on le fait généralement). Et, dans tout produit d'un nombre quelconque de projectivités et dans les produits de matrices correspondants, nous écrivons les projectivités et les matrices *de la gauche vers la droite* dans l'ordre suivant lequel elles sont utilisées.

par $\omega_0''^n \xi_1 \xi_2 \xi_3 \ldots \xi_n$. Les matrices des correspondances point à point et plan à plan de l'homographie T_n peuvent être prises égales à

$$(a_n - 1)\mathcal{A}'_0 \mathcal{B}_0 + \omega''_0 \|1\| \quad \text{et} \quad (a_n - 1)\mathcal{B}'_0 \mathcal{A}_0 + \omega''_0 \|1\|, \quad \text{avec} \quad a_n = \frac{\xi_1 \xi_3 \ldots \xi_{n-1}}{\xi_2 \xi_4 \ldots \xi_n}.$$

Deuxième cas : n est impair et égal à $2p+1$. — On a

$$(6) \qquad \mathcal{A}_1 \mathcal{B}_2 \mathcal{A}_3 \ldots \mathcal{B}_{n-1} \mathcal{A}_n = \omega_0''^p (\xi_2 \xi_4 \ldots \xi_{n-1} \mathcal{A}_0 + \xi_1 \xi_3 \ldots \xi_n \mathcal{A}'_0),$$

$$(7) \qquad \mathcal{B}_1 \mathcal{A}_2 \mathcal{B}_3 \ldots \mathcal{A}_{n-1} \mathcal{B}_n = \omega_0''^p (\xi_2 \xi_4 \ldots \xi_{n-1} \mathcal{B}_0 + \xi_1 \xi_3 \ldots \xi_n \mathcal{B}'_0).$$

Les matrices des correspondances point à plan et plan à point de la corrélation T_n sont données par (6) et (7). Elles sont antisymétriques. T_n est la polarité relative au complexe du faisceau défini par la matrice

$$\mathcal{A}_0 + \frac{\xi_1 \xi_3 \ldots \xi_n}{\xi_2 \xi_4 \ldots \xi_{n-1}} \mathcal{A}'_0.$$

3. Considérons maintenant un faisceau de complexes linéaires dont *les deux complexes spéciaux sont confondus*. Soient $A_0, B_0, \ldots, F_0, \mathcal{A}_0, \mathcal{B}_0$ les coefficients de l'équation et les deux matrices d'un complexe spécial double; $A', B', \ldots, F', \mathcal{A}', \mathcal{B}'$ les coefficients de l'équation et les deux matrices d'un complexe non spécial, quelconque, du faisceau. On a

$$\omega_0 = A_0 D_0 + B_0 E_0 + C_0 F_0 = 0, \qquad \omega' = A'D' + B'E' + C'F' \neq 0,$$
$$\omega'' = A_0 D' + A' D_0 + B_0 E' + B' E_0 + C_0 F' + C' F_0 = 0.$$

Considérons n complexes non spéciaux du faisceau définis par les matrices $\mathcal{A}_1 = \mathcal{A}_0 + \xi_1 \mathcal{A}', \ldots, \mathcal{A}_n = \mathcal{A}_0 + \xi_n \mathcal{A}'$, avec $\mathcal{B}_1 = \mathcal{B}_0 + \xi_1 \mathcal{B}', \ldots, \mathcal{B}_n = \mathcal{B}_0 + \xi_n \mathcal{B}'$.

Premier cas : n est pair et égal à $2p$. On a pour l'homographie T_n,

$$(8) \qquad \mathcal{A}_1 \mathcal{B}_2 \mathcal{A}_3 \ldots \mathcal{B}_n = \omega'^{p-1} \xi_1 \xi_2 \xi_3 \ldots \xi_n (b_n \mathcal{A}' \mathcal{B}_0 + \omega' \|1\|),$$

$$(9) \qquad \mathcal{B}_1 \mathcal{A}_2 \mathcal{B}_3 \ldots \mathcal{A}_n = \omega'^{p-1} \xi_1 \xi_2 \xi_3 \ldots \xi_n (b_n \mathcal{B}' \mathcal{A}_0 + \omega' \|1\|),$$

$$b_n = \frac{1}{\xi_2} + \frac{1}{\xi_4} + \ldots + \frac{1}{\xi_n} - \left(\frac{1}{\xi_1} + \frac{1}{\xi_3} + \ldots + \frac{1}{\xi_{n-1}}\right).$$

Deuxième cas : n est impair et égal à $2p+1$. On a

$$(10) \qquad k_n \mathcal{A}_1 \mathcal{B}_2 \mathcal{A}_3 \ldots \mathcal{B}_{n-1} \mathcal{A}_n = \omega'^p \xi_1 \xi_2 \xi_3 \ldots \xi_n (\mathcal{A}_0 + k_n \mathcal{A}'),$$

$$(11) \qquad k_n \mathcal{B}_1 \mathcal{A}_2 \mathcal{B}_3 \ldots \mathcal{A}_{n-1} \mathcal{B}_n = \omega'^p \xi_1 \xi_2 \xi_3 \ldots \xi_n (\mathcal{B}_0 + k_n \mathcal{B}'),$$

$$\frac{1}{k_n} = \frac{1}{\xi_1} + \frac{1}{\xi_3} + \ldots + \frac{1}{\xi_n} - \left(\frac{1}{\xi_2} + \frac{1}{\xi_4} + \ldots + \frac{1}{\xi_{n-1}}\right).$$

T_n est alors la polarité relative au complexe du faisceau défini par la matrice $\mathcal{A}_0 + k_n \mathcal{A}'$.

GÉNÉTIQUE MATHÉMATIQUE. — *Analogie entre une loi d'union sélective et une loi de fécondité ou de survivance différentielles.* Note de M. **Henri Marchand**, présentée par M. Émile Borel.

Fécondité différentielle. — Supposons que dans une population soumise au « random mating » chaque couple ait une fécondité dépendant linéairement des valeurs centrées y et $\bar{y}$ d'un caractère H chez chacun des conjoints; si l'on désigne par Π et $\bar{\Pi}$ les fréquences respectives des deux conjoints, la fréquence de leurs enfants dans la génération suivante est

$$\Pi\bar{\Pi}(1+\mu y+\mu\bar{y}).$$

On retrouve le produit symbolique que nous avons défini dans une Note précédente [1] et la répartition des enfants et donc des gènes et des génotypes dans les générations successives est identique à celle que donnerait une population soumise à la loi d'union sélective étudiée dans la même Note et dont tous les couples auraient la même fécondité.

Survivance différentielle. — Considérons une population soumise au « random mating » et dont tous les couples aient la même fécondité; mais supposons que les enfants n'aient pas tous la même probabilité d'atteindre l'âge adulte : plus précisément, désignons par π_0 la fréquence d'un individu dans la génération naissante, par π celle du même individu dans la génération adulte et supposons que l'on a

$$\pi=\pi_0(1+\mu y_0),$$

y_0 désignant la valeur centrée d'un caractère H dans la génération naissante.

Si au lieu de considérer des individus identiques, on envisage un ensemble d'individus de fréquence totale $\Pi=\Sigma\pi$, on a évidemment

$$\Pi=\Sigma\pi=\Sigma\pi_0(1+\mu y_0)=\Sigma\pi_0+\Sigma\pi_0\mu y_0=\Pi_0(1+\mu Y_0),$$

en désignant par Y_0 la valeur moyenne de y_0 dans la catégorie naissante considérée.

Puisqu'on a supposé les croisements panmictiques, la probabilité pour que les conjoints proviennent respectivement de deux catégories déterminées de fréquences Π et $\bar{\Pi}$ dans la population adulte est :

$$\Pi\bar{\Pi}=\Pi_0\bar{\Pi}_0(1+\mu Y_0)(1+\mu\bar{Y}_0)=\Pi_0\bar{\Pi}_0(1+\mu Y_0+\mu\bar{Y}_0)+o(\mu^2).$$

Nous retrouvons encore, avec l'approximation que nous avons adoptée dans

(1) Cf. *Comptes rendus*, **231**, 1950, p. 1029.

nos Notes antérieures, le produit symbolique précédemment défini; tout se passe donc là encore comme si la survivance des enfants ne dépendait pas de leur génotype et que la population suive la loi d'union sélective déjà étudiée.

Si l'on suppose la population soumise simultanément à une loi de survivance différentielle de coefficient μ et à une loi de fécondité différentielle (ou d'union sélective) de coefficient μ', le calcul montre qu'avec l'approximation adoptée les résultats sont identiques à ceux que donnerait une population soumise simplement à une loi de survivance différentielle (ou d'union sélective) de coefficient $\mu + \mu'$.

Donc, les résultats concernant la loi d'union sélective que nous avons définie s'appliquent à une population soumise à la loi d' « union panmictique après sélection » que nous venons d'envisager. En particulier si le caractère H est mesuré par le carré changé de signe de l'écart d'un caractère primaire et d'une valeur optimum de celui-ci, la loi de survivance différentielle considérée s'apparente à la loi de sélection envisagée par M. Sewall Wright (²) dans plusieurs de ses travaux sur l'évolution des populations (²). On peut montrer que, avec l'approximation adoptée, notre loi de sélection n'est autre que celle qui est implicitement choisie par cet auteur lorsqu'il pose

$$\Delta q_i = s\gamma_i q_i(1 - q_i),$$

où γ_i représente la différence entre les parties génétiques des contributions des allèles a_i et A_i au caractère secondaire (³).

Par conséquent les résulats de M. Sewall Wright concernant l'évolution et en particulier les positions d'équilibre de ces populations s'appliquent aux populations soumises aux lois d'union sélective, de fécondité ou de survivance différentielles étudiées.

De même l'analyse de la variance du caractère secondaire faite par cet auteur est valable dans le cas d'une population panmictique soumise à notre loi de survivance différentielle, à condition de considérer les générations naissantes.

Par contre les résultats de M. Sewall Wright concernant les corrélations et nos propres résultats (⁴) concernant les corrélations père-fils dans une population en équilibre sous l'influence d'une loi d'union sélective ne peuvent être appliqués dans le cas d'union panmictique après sélection car d'une part les variances des populations adultes et naissantes sont différentes et d'autre part les populations adultes ne suivent pas la loi de Hardy.

(²) *Journ. of Genetics*, **30**, 1935, p. 243 à 266.

(³) *Id.*, p. 258, équation n° 4.

(⁴) Cf. *Comptes rendus*, **231**, 1950, p. 1210; **233**, 1951, p. 1259 et 1346.

AÉRODYNAMIQUE. — *Détermination en soufflerie des dérivées aérodynamiques (stabilité latérale).* Note de MM. **Jacques Valensi**, **Henri Parigi** et **Jean Rebont**, présentée par M. Joseph Pérès.

Un mouvement harmonique étant imposé sur l'un des degrés de liberté de la suspension d'une maquette d'avion en soufflerie, un montage permet de recueillir avec précision, autour de l'autre degré de liberté, la phase et l'amplitude du couple de réponse. On montre que l'on peut ainsi mesurer séparément les coefficients aérodynamiques qui s'introduisent dans l'étude de la stabilité dynamique latérale.

1. La méthode des oscillations forcées a été appliquée à une maquette d'avion placée dans le courant d'air stationnaire d'une soufflerie à vitesse moyenne pour la détermination des coefficients aérodynamiques l_p, l_r, l_ψ et n_p, n_r, n_φ, selon la notation classique, mais en utilisant un montage original.

L'originalité du montage réside à la fois dans le mode de suspension de la maquette et dans la façon de recueillir la réponse à une sollicitation harmonique.

En ce qui concerne la suspension, un cadre de faible encombrement est noyé dans la maquette, qui assure les liaisons élastiques convenables entre la maquette et un mât de suspension incliné sur la verticale d'un angle égal à l'angle d'incidence (soufflerie d'axe horizontal).

Il est en général imposé à la maquette un mouvement harmonique et l'on recueille une oscillation de réponse d'amplitude négligeable qui mesure le couple aérodynamique, en assurant à la liaison élastique correspondante la rigidité convenable. On travaille ainsi dans des conditions très éloignées de la résonance. Sollicitation et réponse sont recueillies à l'aide de capteurs électrodynamiques.

Il est facile de voir que chaque dérivée aérodynamique est ainsi mesurée séparément. On a en particulier pour l_r et l_ψ les expressions bien approchées suivantes, pourvu que ω, pulsation d'excitation, soit petit par rapport à ω_p, pulsation propre du système constitué par la maquette et l'arbre de torsion.

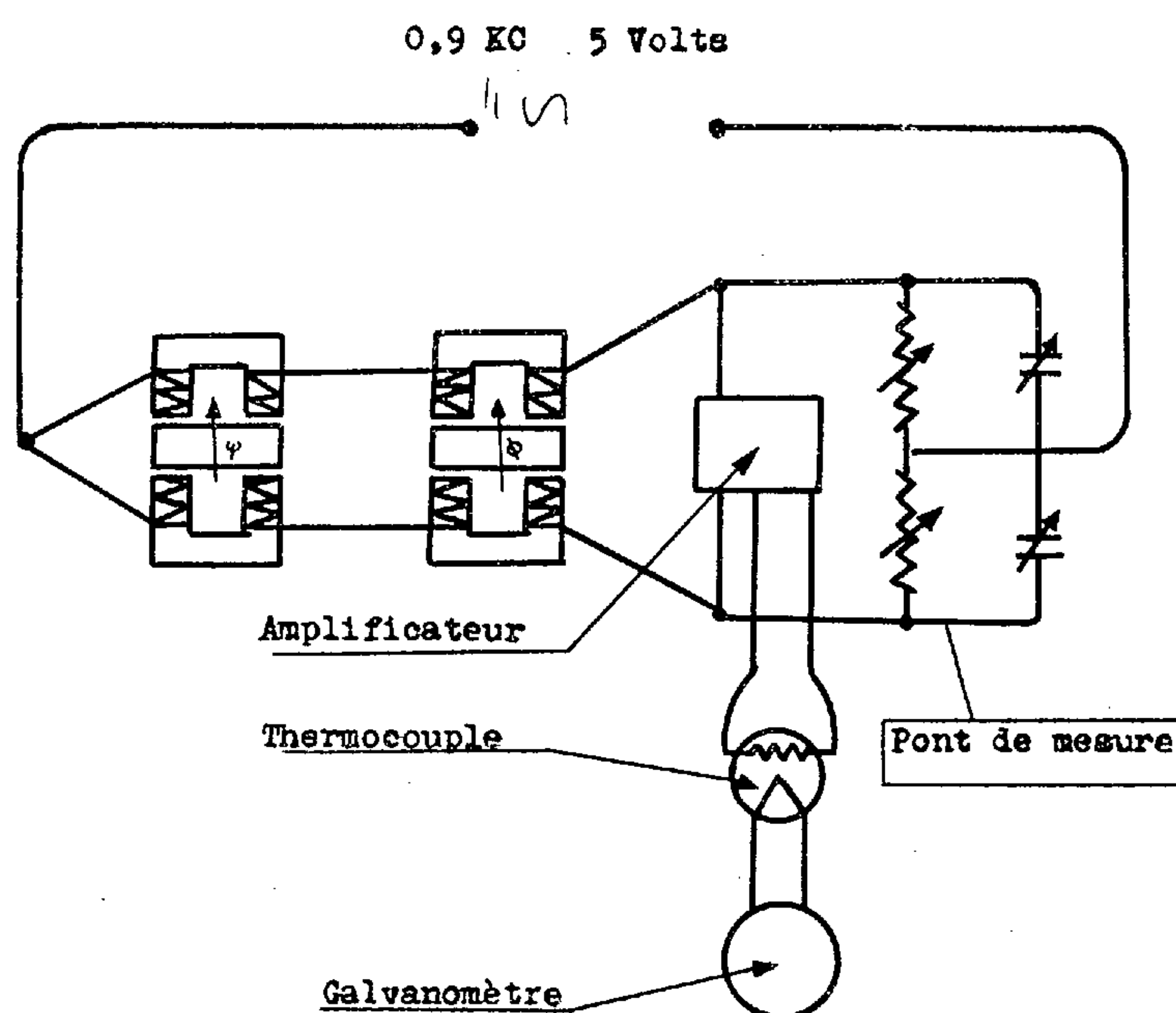
$$l_r = \frac{-4}{\rho S V b^2}\,\frac{P}{A\omega}\sin\varphi_1, \qquad l_\psi = \frac{4}{\rho S V b^2}\,\frac{P}{A}\cos\varphi_1,$$

avec P, amplitude du couple recueilli, A amplitude du mouvement de sollicitation, φ_1 déphasage du couple harmonique recueilli par rapport au mouvement harmonique de sollicitation.

Les capteurs électrodynamiques sont constitués par des micromètres à variation de réluctance alimentés sous tension à basse fréquence (1 kc environ).

On observe que la réponse, sauf pour les dérivées d'amortissement, n'est pas un harmonique pur, mais qu'elle contient des parasites provenant en particulier du caractère non permanent de l'écoulement général autour de la maquette.

On peut tirer parti des diagrammes d'enregistrement en effectuant l'analyse harmonique des réponses; il est cependant préférable d'utiliser un circuit de filtrage dont le schéma est indiqué dans la figure et qui permet de lire directement sur un galvanomètre le produit scalaire de la sollicitation et de la réponse augmenté d'un résidu provenant des parasites aléatoires et qui demeure constant au cours de la mesure, comme le montre l'expérience.



D'ailleurs le capteur de la sollicitation est relié à l'arbre moteur par un train épicycloïdal, de sorte que l'on peut, par un balayage mécanique en phase, mesurer avec précision la phase et l'amplitude du couple de réponse.

La méthode présente une grande souplesse et permet en particulier d'étudier avec le même montage l'influence du paramètre de fréquence et celle de l'amplitude.

MÉCANIQUE DES SOLS. — *Étude expérimentale du siphonnage dans des corps granulaires.* Note (*) de M. **Enzo Oscar Macagno**, transmise par M. Henri Villat.

Nous donnons un résumé d'une étude faite au Laboratoire d'Hydraulique de La Plata (Argentine). Dans ces essais on s'est efforcé de réaliser les conditions de la méthode de Terzaghi (Theoretical Soil Mechanics)

(*) Séance du 29 septembre 1952.

pour le calcul de la charge critique h_c. Le critérium d'emploi de cette méthode ou du calcul empirique (Bligh-Lane) a été fixé par Terzaghi (Conférence à Buenos-Ayres le 2 novembre 1947).

27 déterminations du gradient critique J_c ont été faites dans des tubes de verre ou métalliques (diamètres : 28, 93 et 105 mm). 29 essais ont été faits avec des corps prismatiques rectangulaires. On a constaté avec la dispersion qu'on peut avoir pour le sable, un bon accord avec la formule théorique.

On a étudié ensuite le cas d'une palplanche représentée par des cloisons fixées entre les parois de canaux vitrés (largeurs de 77 et 184 mm). On a représenté le terrain en mettant une nappe de sable sur le fond des canaux.

Le courant liquide a été déterminé grâce à des filets colorés, et aussi par des méthodes graphiques et numériques et la transformation Schwarz-Christoffel. Il faut remarquer que l'épaisseur des cloisons n'était pas négligeable.

Le siphonnage a été produit en en faisant varier lentement le niveau avec un dispositif à vis. Le matériau (sable presque uniforme et sans cohésion) se déplace dans une zone approximativement limitée par une ligne de courant. On a photographié, avec un temps d'exposition suffisant, les trajectoires des grains. Pour déterminer la zone de siphonnage, on a placé aussi des grains blancs formant des lignes contre les vitres. En vue de la forme approximativement trapézoïdale de la zone de siphonnage, à l'aval de la palplanche, on a fait des essais pour déterminer h_c sur des prismes trapézoïdaux. Une formule simplifiée explique partiellement les valeurs de h_c plus grandes dans ces prismes que dans les rectangulaires.

Dans les expériences on a mesuré : la charge amont *e* aval; la pénétration de la cloison, D; la hauteur de la nappe de sable, D_2; le débit filtrant (corrigé pour l'effet de viscosité).

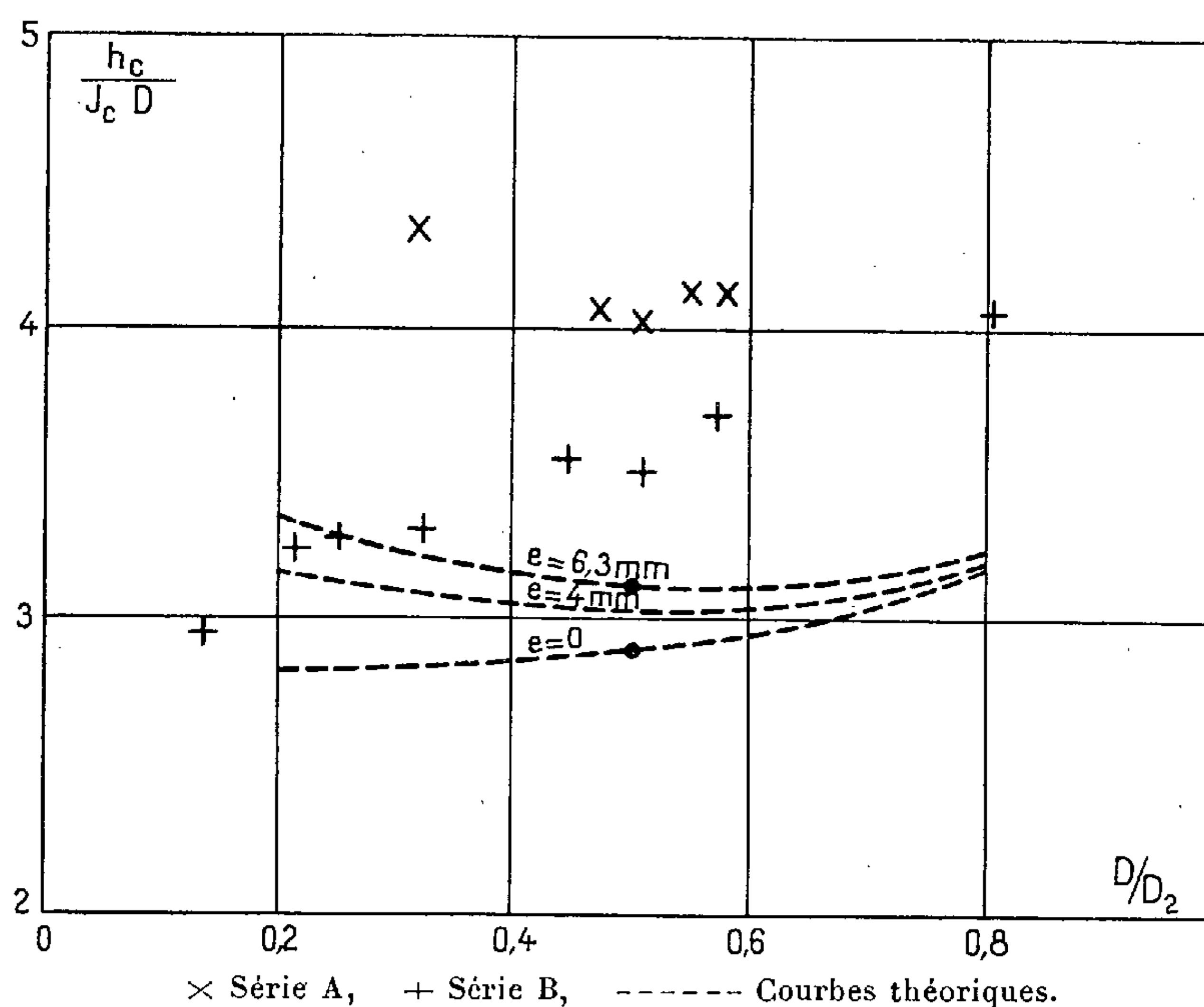
Les valeurs théoriques de la charge critique relative $H_c = h_c/J_c D$, pour les épaisseurs des palplanches employées, sont comprises entre 3 et 3,4. Les essais donnent :

	Série A.	Série B.
Épaisseur de la palplanche	6,3 mm	4 mm
Largeur du canal	77 mm	184 mm
Charge critique relative	4-4,35	3-4

Les valeurs de H_c ont été réduites en fonction de la perméabilité moyenne déterminée pour chaque essai (son influence est liée certainement à d'autres propriétés mécaniques, dont elle serait seulement indicatrice).

Les moyennes des charges critiques relatives de 90 essais sont représentées en fonction de pénétrations relatives dans la figure. Il semble juste d'écarter la série A (effet probable de paroi) et de comparer seulement la série B avec les courbes théoriques.

Les essais avec palplanches et prismes trapézoïdaux ont mis en évidence des détails du siphonnage dans un matériau uniforme; il a l'aspect d'un écoulement, avec une distribution de vitesses non uniforme. On a



× Série A, + Série B, ------ Courbes théoriques.

constaté que la forme des corps granulaires ainsi que la disposition du courant liquide qui les traverse ont une influence importante dans le phénomène du siphonnage.

PHYSIQUE SOLAIRE. — *Sur la vie moyenne des granules faculaires et des plages lumineuses dans la pénombre des taches.* Note de M. **Constantin Macris**, présentée par M. André Danjon.

Pendant l'année 1943, B. Lyot a filmé au Pic du Midi à plusieurs reprises une région de la photosphère à la cadence d'une pose toutes les 10 s, dans le but d'enregistrer la granulation. Il a utilisé la lunette de 23 cm d'ouverture. Les images agrandies par une lentille divergente étaient projetées sur film cinématographique positif Gevaert, au travers d'un filtre vert-jaune. Le diamètre solaire était de 267,5 cm.

On a longtemps discuté sur la durée de vie des granules considérés individuellement. On l'a évaluée à quelques minutes. P. ten Bruggencate [1] distingue deux sortes de granules. Les granules qui se trouvent en dehors des facules et ceux que nous observons dans les régions de celles-ci. La

---

[1] *Z. Ap.*, **19**, 1939, p. 59.

différence provient de la vie moyenne. La durée de vie des granules de la photosphère est de $3^m,5$ tandis que celle des granules faculaires est de 1 h.

En utilisant la grande série d'images que B. Lyot a mise à ma disposition, j'ai étudié la vie moyenne des granules dans les facules. Les régions de la surface solaire, autour d'une tache, sont couvertes par les facules photosphériques. Dans ces régions nous observons la structure granulaire de la photosphère. La qualité des images m'a permis de tirer du film du 17 mai 1943, 72 images à peu près consécutives. La première a été prise à 5 h 42 m et la dernière à 6 h 5 m. Cette série couvre un intervalle de temps de 23 m.

On peut vérifier que dans la plupart des photographies, la granulation est très distincte et, par conséquent, on peut marquer le même granule sur plusieurs images prises à des instants différents. La statistique que j'ai effectuée m'a permis de constater qu'il y a des granules dont la vie moyenne s'étend jusqu'à 12 m (ce qui est un maximum) et d'autres qui existent seulement 1 ou 2 m. Mais, en moyenne, la vie de ces éléments turbulents est de 6 à 8 m. On constate ainsi que sur la photosphère entière, dans les facules photosphériques ou en dehors de celles-ci, les granules durent à peu près le même temps.

Une autre question est intéressante à envisager, c'est la vie des petites plages lumineuses dans la pénombre des taches. Dans l'ombre on ne voit rien, mais dans la pénombre on discerne de petites plages lumineuses qui apparaissent parmi les filaments de la pénombre et qui probablement sont les granules déformés par les filaments de celle-ci. Nous avons trouvé que leur vie moyenne est plus grande, c'est-à-dire qu'elles persistent plus d'une demi-heure.

Nous pouvons donc distinguer deux sortes d'éléments lumineux : ceux qui constituent les granules de la photosphère et des facules, et ceux qui sont situés dans la pénombre des taches.

PHYSIQUE THÉORIQUE. — *Sur la relation entre l'onde à singularité et l'onde statistique en théorie unitaire relativiste.* Note de M. **Jean-Pierre Vigier**, présentée par M. Louis de Broglie.

L'auteur montre comment les conceptions de M. de Broglie sur la double solution en théorie de l'onde-pilote permettent d'établir, compte tenu de travaux de M. Bohm, entre onde à singularité et onde statistique en théorie unitaire un lien analogue à celui des fronts d'onde et des ondelettes de Huyghens en théorie classique.

A la base des idées de M. de Broglie [1] sur la double solution en théorie de l'onde-pilote on trouve les conceptions suivantes :

---

(1) *J. Phys. Rad.*, 8, p. 225-241.

— Il existe une onde physique U à singularité qui représente la particule et obéit à distance de celle-ci aux équations d'ondes linéaires habituelles.

— Si l'on étudie un ensemble statistique de particules il faut introduire une deuxième onde ψ régulière, obéissant aux mêmes équations, qui décrit à la fois les trajectoires et la densité statistique du système.

Dans un récent travail (²) nous avions exposé comment on pourrait transposer ces notions dans la théorie de la relativité d'Einstein. Nous nous proposons aujourd'hui de préciser quantitativement les choses dans le cas des ondes de Dirac et plus particulièrement d'étudier les liens entre U et ψ.

Pour ce faire on représente d'abord la particule par une métrique de la forme

$$g_{\mu\nu} = \varepsilon_{\mu\nu} + \lambda\theta_{\mu\nu}(U^+, U), \tag{1}$$

où $\lambda(x)$ représente une fonction de forme,

$$\varepsilon_{\mu\nu} (= 0 \text{ si } \mu \neq \nu \text{ et } \varepsilon_{11} = \varepsilon_{22} = \varepsilon_{33} = -\varepsilon_{44} = 1)$$

les valeurs galiléennes habituelles et

$$\theta_{\mu\nu}(U^+, U) = \frac{\hbar c}{4i}(U^+\gamma^\mu D_\nu U - D_\nu^* U^+\gamma^\mu U + U^+\gamma^\nu D_\mu U - D_\mu^* U^+\gamma^\nu U)$$

le tenseur énergie-impulsion de Dirac ($D_\mu = \partial_\mu - ie/\hbar c\, A_\mu$).

On pose ensuite $U_k = (a_k + b_k/r)\exp(i\theta_k/\hbar) = \varphi + u$, où $\varphi_k = a_k \exp(i\theta_k/\hbar)$ et r représente la distance d'univers la plus courte du point courant à la ligne singulière d'Univers L qui correspond à la singularité.

λ et φ une fois connus à partir des équations de champ nous définirons la singularité u à l'aide de la condition auxiliaire :

$$\lambda\theta_{\mu\nu}(U^+, U) = \lambda\theta_{\mu\nu}(\varphi^+\varphi) - \frac{2m}{r}\varepsilon_{\mu\nu} \tag{2}$$

dans le système d'axes propres lié à L avec $\lambda = ((\varphi^+\varphi)^2 + (\varphi^+\gamma^5\varphi))^{-1/2}$ sur chaque point de L.

Nous imposerons enfin au système, les équations de champ :

$$(3)\quad \begin{cases} a. & \gamma^\mu\left(\partial_\mu - \frac{ie}{\hbar}A_\mu\right)\varphi = -\frac{mc}{\hbar}\varphi, \\ b. & R_{\mu\nu} - \frac{1}{2}g_{\mu\nu}R = 8\pi\gamma T_{\mu\nu}, \end{cases}$$

dont la première s'obtient à partir de la théorie unitaire et où $T_{\mu\nu}$ et $R_{\mu\nu}$ désignent respectivement dans la seconde un tenseur énergie-impulsion fini sur L, déduit d'un Lagrangien quadratique $\mathcal{L}$ à l'aide des relations $T_{ke} = \partial\mathcal{L}/\partial g^{ke}$, et le tenseur de courbure contracté d'Einstein déduit des $g_{\mu\nu}$ à l'aide des

(²) J. P. Vigier, *Comptes rendus*, 234, 1952, p. 410.

expressions habituelles. Les équations ($3b$) devant être satisfaites séparément pour la métrique totale et la métrique régulière $\overset{\circ}{g}_{\mu\nu} = \varepsilon_{\mu\nu} + \lambda\theta_{\mu\nu}(\varphi^+, \varphi)$.

Il résulte alors des travaux de M. Einstein et de ses collaborateurs ([3]) que le caractère quadratique des équations oblige L à coïncider avec la géodésique de la métrique $\overset{\circ}{g}_{\mu\nu}$. Le calcul montre alors que celle-ci n'est autre que la ligne de courant $\varphi^+\gamma^\mu\varphi$ correspondant à l'onde φ.

Passons maintenant au cas statistique. Considérons un ensemble de particules du type précédent tel que toutes les particules qui ont même position et même vitesse initiale, les conditions aux limites étant les mêmes, suivent la même trajectoire L.

Soit $\varphi_{(L)}$, la fonction φ correspondant à une trajectoire donnée L.

Construisons une onde régulière $\psi = A_k \exp.(i\Phi_k/\hbar)$ telle que l'on ait en chaque point P de L

$$(4) \qquad \begin{cases} A_k(P) = a_{k(L)}(P), & \partial_\mu A_k(P) = \partial_\mu a_{k(L)}(P), \\ \Phi_k(P) = \theta_{k(L)}(P), & \partial_\mu \Phi_k(P) = \partial_\mu \theta_{k(L)}(P). \end{cases}$$

Lorsque L balaie la congruence supposée continue des trajectoires possibles on obtient une espèce d'onde enveloppe ψ construite à partir des $\varphi_{(L)}$ comme les fronts d'ondes classiques à partir des ondelettes d'Huyghens.

Je dis que cette onde régulière ψ décrit l'état statistique du système. En effet, elle satisfait à ($3a$) à cause de (4) et $\psi^*\psi$ représente la densité du nuage; car il résulte des travaux de M. Bohm ([4]) que si l'on part d'une densité initiale quelconque les interactions élastiques avec les particules de l'Univers font tendre la densité vers $\psi^*\psi$ à l'approximation newtonienne.

On voit sans peine que la solution proposée correspond bien aux conceptions de M. de Broglie car :

1° l'onde U obéit aux équations linéaires à distance (en effet u y est négligeable devant φ puisque $m \simeq 10^{-58}$);

2° l'onde φ pilote la singularité-particule qui suit $\varphi^+\gamma^\mu\varphi$ conformément aux prévisions de M. de Broglie;

3° l'onde ψ décrit bien à la fois la densité de probabilité et les trajectoires (puisque $\psi = \varphi$ sur chaque trajectoire possible), ce qui justifie la deuxième interprétation de M. de Broglie, reprise récemment par M. D. Bohm.

ψ constitue la généralisation à la mécanique ondulatoire de l'onde de Jacobi classique, qui correspond à l'approximation de l'optique géométrique.

([3]) A. Einstein et J. Gromer, *Sitz. Preuss. Akad. Wiss.*, 1, 1927; K. Lanczos, *Z. Phys.*, 44, p. 773; A. Einstein, et L. Infeld, *Ann. Math.*, 41, p. 455; L. Infeld et A. Schild, *Rev. Mod. Physics.*, 1949, p. 408.

([4]) D. Bohm, Communication privée (à paraître dans *Phys. Review*).

ANALYSE DIMENSIONNELLE. — *Dimensions et unités.* Note de M. **Maurice Berger**, présentée par M. Henri Villat.

Dimensions (MLT) et Unités (MKS) des grandeurs physiques.

1. Dimensions. — Les divers systèmes utilisés pour l'électricité ont été :

1° *Système électrostatique* (1820 environ). — Basé sur $\varepsilon = 1$. Capacité homogène à une longueur, résitance = inverse d'une vitesse (peu satisfaisant). Exposants fractionnaires (empêchant comparaisons fructueuses avec grandeurs mécaniques correspondantes).

2° *Système électromagnétique* (1830 environ). — Basé sur $\mu = 1$. Mêmes inconvénients : résistance = vitesse, exposants fractionnaires, etc.

3° *Système de Gauss* (1840 environ). — ε et μ simultanément indimensionnés (mêmes inconvénients).

4° *Système pratique* (1881). — Déduit du EM par simple changement d'unités (mêmes inconvénients).

5° *Système Hertz* (1890 environ). — $\varepsilon = \mu = L^{-1}T$ (Mêmes inconvénients).

6° *Système Giorgi* (*MKSA*) (1901). — Introduit arbitrairement une quatrième grandeur fondamentale (A). Exposants entiers, mais l'introduction de A empêche les comparaisons avec les grandeurs mécaniques correspondantes.

Dans ses divers Ouvrages et dans ses nombreuses Communications à l'Académie sur l'Analyse dimensionnelle, M. R. Esnault-Pelterie montre que toutes nos équations physiques sont soumises à l'identité réductrice de Vaschy, du fait que leurs variables sont des grandeurs mesurables [1] (*Analyse dimensionnelle*, 1949, p. 132 à 136).

Par ailleurs, cette identité réductrice indique un procédé de calcul des suites de variables de Vaschy qui détermine leur nombre et leur constitution, laquelle est indépendante du choix des grandeurs fondamentales, à la condition que leur nombre ne change pas (*Analyse dimensionnelle et Métrologie*, 1950, p. 71 et 72).

Or il arrive très fréquemment que les systèmes *quadridimensionnels* procurent des variables de Vaschy incompatibles avec les équations que fournit l'Analyse ordinaire [2]; le système MKSA, entre autres, présente cet inconvénient.

Système proposé. — Dans le développement actuel de la Mécanique des fluides (avec viscosités dynamiques et cinématiques, nombres de Reynolds,

---

(1) *Analyse dimensionnelle et Métrologie*, divers Ouvrages en français et en anglais (Librairie de l'Université, Lausanne), ainsi que diverses Communications à l'Académie.

(2) G. Darrieus, *Systèmes d'Unités* (*Techniques de l'Ingénieur*, Paris).

Mach, etc.) on constate de plus en plus que diverses équations électriques et mécaniques pourraient facilement s'identifier grâce à certaines assimilations déduites des identités dimensionnelles. Dans son Ouvrage *The Theory of Sonics*, Constantinesco assimile ainsi une transmission hydraulique alternative triphasée à une transmission électrique. Dans sa Note sur les Unités, M. C. Monteil ([3]) indique : « ... les systèmes actuels, inspirés surtout par la *commodité*, seront certainement remplacés par d'autres ... ».

Pour ces diverses raisons, il semble donc intéressant de rechercher un système répondant aux conditions imposées et évitant les inconvénients signalés.

Établissement du système proposé. — Ce système est simplement basé sur l'assimilation d'une tension électrique (volts) à une tension mécanique (kilogrammes par millimètre carré, piézes, pascals, bars, etc.) de dimension $ML^{-1}T^{-2}$. Il pourrait aussi être basé sur toutes autres assimilations admissibles, telles que : déplacement électrique homogène à une longueur (L), ou moment électrique homogène à un moment quadratique (L^4); les résultats resteraient les mêmes.

Actuellement, la seule unité électrique exprimable en MLT (sans aucune convention arbitraire) est le *Watt* (puissance) P, de dimension ML^2T^{-3}. Partant de $P = EI$ et assimilant E à une tension mécanique ($ML^{-1}T^{-2}$), on en déduit $I = L^3T^{-1}$. Or, électriquement $I = QT^{-1}$. Donc : $Q = L^3$.

De cette dernière équation ($Q = L^3$) on déduit ensuite les dimensions de toutes les autres grandeurs électriques, en fonction de MLT *uniquement*. Tous les exposants sont *entiers*, les comparaisons électro-mécaniques sont particulièrement fructueuses; et, en particulier, on constate que le produit $\varepsilon\mu$ (chacun dimensionné) est bien homogène à l'inverse du carré d'une vitesse.

2. Unités de mesures. — Cette deuxième question (unités) est entièrement indépendante de la première (dimensions). Il est cependant intéressant de les examiner ensemble. Les divers systèmes proposés ont été : en 1795, le MGS, par la Convention Nationale; en 1861, le CGS, par l'Association britannique pour l'avancement des Sciences; en 1912, le MTS, par le Ministère du Commerce; en 1919, le MKS (poids), admis par la loi du 2 avril; en 1950, le MKSA (masse), par l'AFNor.

Aucun système, aussi parfait soit-il, ne pourra jamais donner complète satisfaction à toutes les techniques, suivant les applications scientifiques, industrielles ou commerciales. Cependant le MKS (masse) paraît le plus convenable pour plusieurs raisons :

a. les étalons pratiques existants correspondent à ces unités;
b. ces unités sont, à l'échelle humaine, les plus faciles à apprécier;

([3]) C. Monteil, *Unités de Mesures* (*Techniques de l'Ingénieur*, Paris).

c. proposé indirectement depuis 1901 et déjà entré en pratique, il semble donner satisfaction à la grande majorité;

d. officieusement proposé en France en 1950, sous la forme MKSA pour l'Électricité (soit MKS pour la Mécanique), il n'y aura aucune difficulté pour les électriciens à remplacer, dans les équations dimensionnelles, la lettre Q par le symbole L^3.

ÉLECTRICITÉ. — *Sur le mécanisme physique des phénomènes dans les complexes de semi-conducteurs électroniques.* Note de M. **Jean Martinet**, présentée par M. Gaston Dupouy.

Cette Note a pour objet l'étude des phénomènes relatifs au passage du courant dans certains complexes de semi-conducteurs électroniques formés par entassement, compression et frittage, de poudres semi-conductrices d'oxydes de fer, ainsi que l'étude des variations de la résistivité de ces agglomérés en fonction de l'intensité du courant qui les traverse.

Le mécanisme des phénoménes relatifs au passage du courant dans de tels agglomérés a fait l'objet de nombreuses études.

Ainsi que l'a montré M. Teszner, il est vraisemblable que, pour les faibles tensions, le passage du courant s'effectue uniquement à travers les surfaces de contact entre les grains du complexe. En l'absence de champ, il y a échange désordonné à travers la barrière de potentiel caractérisant le contact. Lors de l'application d'un champ suivant une certaine direction Ox, le nombre d'électrons transmis dans le sens de celui-ci croît et celui transmis dans le sens opposé diminue; la barrière de potentiel se déforme.

Nos mesures expérimentales ont porté sur les échantillons d'oxydes de fer Fe_2O_3 Fe_3O_4 dont nous avons, dans une précédente Note, indiqué le mode de préparation. Nous nous sommes borné à l'étude des phénomènes lors de l'application de tensions faibles, en réservant pour plus tard l'étude correspondante pour les tensions élevées.

Les courbes ci-après traduisent graphiquement les résultats (*fig.* 1). Ces mêmes courbes, transposées dans le système de coordonnées Log I Log V deviennent sensiblement rectilignes (*fig.* 2).

Essai d'interprétation théorique. — De tels résultats expérimentaux sont très difficiles à interpréter, les phénomènes de frittage masquant la presque totalité des propriétés intrinsèques du corps constituant le complexe. Nombreux sont les paramètres qui entrent en jeu. Aussi la plupart de ceux qui ont étudié ces phénomènes se sont-ils bornés à émettre des théories plus ou moins empiriques.

Nous supposerons dans ce qui suit que l'effet tunnel est négligeable et que le passage du courant s'effectue uniquement à travers les couches de barrage intergrains. Si l'on désigne par :

δ, l'épaisseur d'une de ces couches;

$U(x)$, le potentiel en l'absence de champ; son maximum qui a lieu pour la valeur $\lambda\delta (0 < \lambda < 1)$ de la variable de position x est précisément égal au travail Φ nécessaire à effectuer par un électron de charge élémentaire e, pour qu'il puisse franchir ladite barrière;

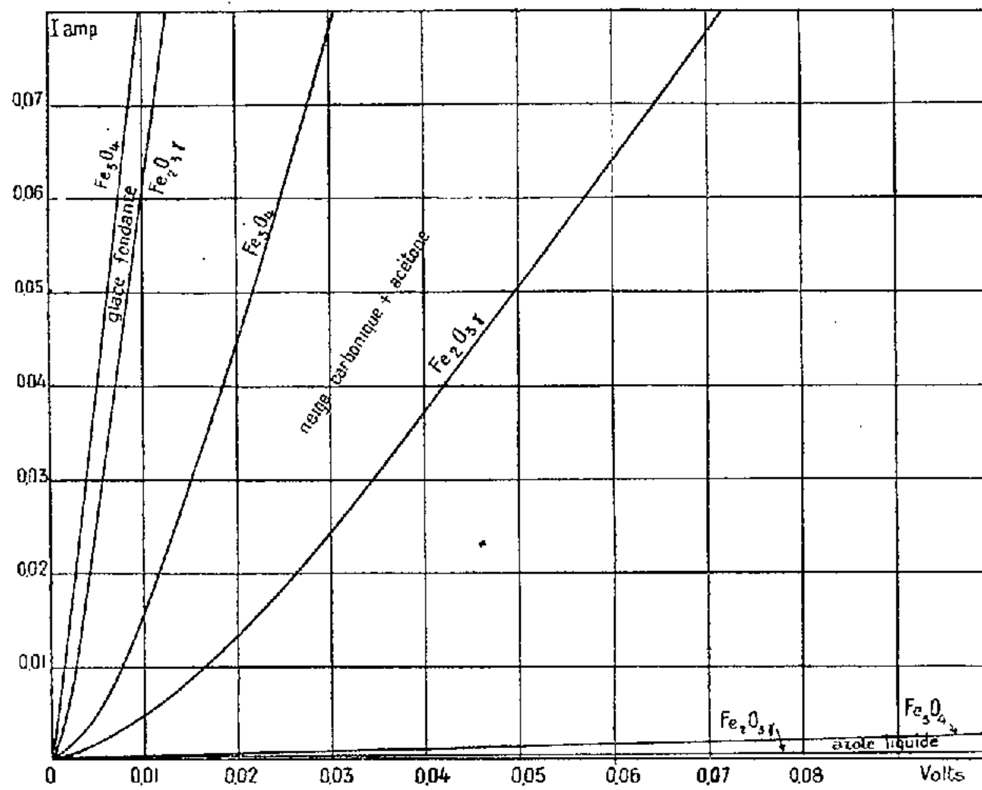


Fig. 1.

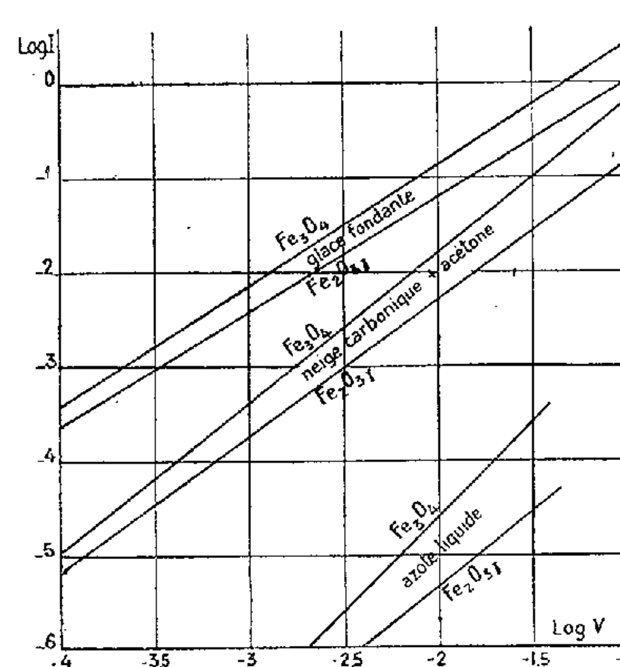


Fig. 2.

$N(w_x)\,dw_x$, le nombre d'électrons qui arrivent par seconde sur l'unité de surface de la barrière et dont l'énergie suivant Ox est comprise entre w_x et $w_x + dw_x$;

$D(w_x)$, le coefficient de transmission de la barrière que nous prendrons égal à

$$0 \text{ si } w_x < \Phi; \qquad 1 \text{ si } w_x > \Phi.$$

En l'absence de champ, la densité de courant qui traverse dans les deux sens la barrière de potentiel, est donnée par la formule classique

$$I = e\int_{\Phi}^{\infty} D(w_x)\,N(w_x)\,dw_x.$$

A l'application d'une tension V, correspond un nouveau potentiel $U - Vex/\delta$ et, au voisinage de $x = \lambda\delta$, une variation de travail égale à $\lambda V e$ en première approximation, de sorte que

$$I = e\int_{\Phi-\lambda Ve}^{\infty} ND\,dw - e\int_{\Phi-\lambda Ve+Ve}^{\infty} ND\,dw = e\int_{\Phi+Ve}^{\Phi+Ve(1-\lambda)} ND\,dw$$

et, en admettant que la statistique de Fermi s'applique aux électrons des agrégats,

$$\begin{aligned} I &= e\int_{\Phi+Ve}^{\Phi+Ve(1-\lambda)} \frac{4\pi mkT}{h^3}\exp\left(-\frac{w_x-\mu}{kT}\right)dw_x \\ &= \frac{4\pi mk^2T^2e}{h^3}\exp\frac{\mu-\Phi+\lambda Ve}{kT}\left(1-\exp-\frac{Ve}{kT}\right) \\ &\# \frac{4\pi me^2kT}{h^3}V\exp\frac{\mu-\Phi+\lambda Ve}{kT}. \end{aligned}$$

Les courbes $\mathrm{Log\,I} = f(\mathrm{Log\,V})$ présentent la forme indiquée figure 2, ce qui permet de justifier l'hypothèse selon laquelle le passage du courant s'effectue de la même façon à travers un agrégat et à travers une barrière de potentiel.

PHYSIQUE MACROMOLÉCULAIRE. — *Sur la théorie de la déformation brownienne.* Note de M. **Roger Cerf**, transmise par M. Gustave Ribaud.

On se propose d'étudier l'influence de l'agitation thermique sur les propriétés d'une suspension de sphères élastiques soumise à un champ hydrodynamique à gradient constant. On sait ([1]) que cette étude est simple dans le cas où les fluctuations de forme de la molécule sont rapides, c'est-à-dire de façon précise lorsque le temps d'établissement Θ' d'une orientation préférentielle des configurations allongées est grand devant la durée de vie Θ de ces configurations (temps de relaxation de déformation), soit, pratiquement, lorsque

$$\Theta' > 3\Theta. \tag{1}$$

Pour des valeurs données de v, μ et η_i (volume, élasticité et viscosité interne de la particule) la condition (1) revient à imposer une limite inférieure η_l à la viscosité η_0 du liquide de suspension. J'avais montré ([1]) que dans le domaine de viscosité où la condition (1) est réalisée, l'agitation thermique n'influence que de façon négligeable le comportement de la solution. En particulier, par suite de certaines propriétés de symétrie du champ hydrodynamique, les directions privilégiées dans la solution (lignes neutres) coïncidaient en première approximation avec des directions privilégiées hydrodynamiques.

On se propose de donner une méthode permettant d'étudier les propriétés de la solution dans les conditions où l'inégalité (1) n'est pas vérifiée, c'est-à-dire lorsque $\eta_0 < \eta_l$. L'impossibilité pratique de réaliser des viscosités arbitrairement petites nous dispensera, par ailleurs, de considérer des valeurs de η_0 inférieures à 0,1 centipoise.

La sphère est supposée incompressible et peu déformable. Le nombre de configurations très déformées est supposé suffisamment petit devant le nombre total des configurations pour que ces configurations très déformées puissent être écartées, et que la déformation de la particule puisse être considérée à chaque instant comme petite. On extrait maintenant parmi toutes les formes possibles de la molécule les configurations ellipsoïdales ($\mathcal{E}$) et l'on se propose de faire la statistique des configurations ($\mathcal{E}$) respectivement en l'absence et en présence d'un champ extérieur. On admet alors que la solution possède les mêmes propriétés macroscopiques que la suspension d'ellipsoïdes ($\mathcal{E}$). On traitera le cas où deux des axes principaux de déformation des ellipsoïdes ($\mathcal{E}$)

([1]) *Comptes rendus*, 227, 1948, p. 1221 et 1352; *J. Chim. Phys.*, 48, 1951, p. 59.

restent dans un plan Π, ce qui suffit largement à dessiner les phénomènes et permet de réduire les calculs de façon considérable.

On obtient l'équation de diffusion de façon particulièrement simple par le procédé suivant. Considérons les ellipses (E) section des ellipsoïdes ($\mathcal{E}$) par le plan Π. Soient O leur centre commun, a et θ, avec $0 < \theta < \pi$, les coordonnées polaires de l'un des sommets du grand axe. On posera $a = a_0(1 + \delta)$, où a_0 représente le rayon de la sphère non déformée. L'état de la molécule sera représenté par le point P dont les coordonnées polaires dans le plan Π sont $(\delta, 2\theta)$. Cette représentation jouit de la propriété suivante : soient deux configurations de la molécule représentées par les points P_1 et P_2 ; les coordonnées polaires du vecteur P_1P_2 sont celles du point représentatif de l'ellipse des déformations permettant de passer de la configuration 1 à la configuration 2. Si l'on admet que la probabilité d'une déformation brownienne élémentaire ne dépend pas de sa direction, il en résulte, avec ce mode de représentation, que la probabilité d'un bond pour le point P dans le plan Π est indépendante de la direction du bond. On peut appliquer au point représentatif P le raisonnement d'Einstein [2] qui lie le courant de diffusion brownien au gradient de la densité de probabilité de présence ρ du point P, et l'on peut écrire pour ρ l'équation de diffusion suivante :

$$\mathcal{D}\,\Delta\rho + D\frac{\partial^2\rho}{\partial\theta^2} + \operatorname{div}\mathbf{c} = 0, \tag{2}$$

D représente le coefficient de diffusion de rotation et $\mathbf{c}$ le courant de convection macroscopique. $\mathcal{D}$ représente le *coefficient de diffusion de déformation* introduit ici pour la première fois. La simple additivité des termes de déformation et de rotation dans l'équation (2) est une conséquence des hypothèses énoncées ci-dessus (petitesse de la déformation totale).

1° En l'absence d'un champ extérieur, on obtient directement l'expression de la fonction ρ en écrivant que l'énergie potentielle de déformation obéit au théorème fondamental de la mécanique statistique. Le courant de convection macroscopique, de son côté, est dû aux forces élastiques qui tendent à ramener les configurations déformées à la forme sphérique. L'expression de $\mathbf{c}$ se déduit de celle du temps de relaxation de déformation, dont j'avais déjà donné une valeur approchée [1], et dont voici l'expression rigoureuse

$$\Theta = \frac{\eta_i + 2{,}5\,\eta_0}{\mu}. \tag{3}$$

L'identification des deux membres de l'équation (2) fournit alors l'expression du coefficient de diffusion de déformation

$$\mathcal{D} = \frac{1}{2}\,\frac{\delta_0^2}{\Theta}, \qquad \text{avec} \quad \delta_0^2 = \overline{\delta^2}; \tag{4}$$

---

[2] *Ann. der Physik*, 19, 1906, p. 289.

2° Pour résoudre un problème physique particulier, il suffit maintenant de calculer l'expression correspondante du courant de convection macroscopique et de résoudre l'équation de diffusion (2). Nous avons appliqué cette méthode à l'étude de l'effet Maxwell d'une suspension de sphères élastiques et nous donnerons prochainement les résultats de cette étude.

PHYSIQUE NUCLÉAIRE. — *Analyse de l'émission α dans la région des terres rares.* Note de M. **Charles Martin**, présentée par M. Louis de Broglie.

De récentes expériences ont mis en évidence une nouvelle zone de radioactivité α dans les terres rares. Son intérêt théorique est des plus grands pour progresser dans l'explication du mécanisme de l'émission α. Cette Note détermine les énergies α prévues des isotopes stables de cette région et donne l'explication de l'absence dans la nature des isotopes Sm 146 et Gd 150.

L'émission de particules α par les noyaux lourds au delà du plomb se fait spontanément grâce à l'existence des isotopes d'uranium 238 et de thorium 232 dont les périodes sont grandes par rapport à l'âge de la Terre. On connaît maintenant plus de 140 isotopes émetteurs α dans cette région terminale de la classification et le rôle des discontinuités pour $Z = 82$ et $N = 126$ dans les caractéristiques des lois de désintégration est parfaitement mis en évidence.

En 1932 la découverte (¹) de l'émission α par un isotope du samarium a été un nouvel exemple, resté unique, d'une radioactivité naturelle subsistant dans la nature à cause de sa période très élevée (10^{12} ans). Rien n'expliquait ce cas exceptionnel dont l'identification a d'ailleurs donné lieu à discussions, l'isotope responsable étant longtemps attribué (²) au Sm 152, puis 148 et, tout récemment 147 (³). Guidé (⁴) par la présence d'une discontinuité $N = 82$ dont l'influence sur la stabilité α pouvait être analogue à celle de $N = 126$ pour les émetteurs lourds, on a cherché à mettre expérimentalement en évidence la présence d'autres isotopes, artificiels, émetteurs α dans cette région des terres rares. Les faits ont vérifié cette hypothèse et l'on connaît actuellement huit isotopes émetteurs α (⁵), tous situés du côté des isotopes à défaut de neutrons.

Nous avons étudié les caractéristiques de ces noyaux surtout en vue de vérifier le parallélisme de leur comportement avec celui des émetteurs lourds.

(1) G. Hevesy, *Nature*, 130, 1932, p. 846.

(2) N. Feather, *Nature*, 162, 1948, p. 412 et A. J. Dempster, *Phys. Rev.*, 73, 1948, p. 1125.

(3) Boyd Weaver, *Phys. Rev.*, 80, 1950, p. 301.

(4) I. Perlman, A. Ghiorso et G. T. Seaborg, *Phys. Rev.*, 77, 1950, p. 26.

(5) S. G. Thompson, A. Ghiorso, J. O. Rasmussen et G. T. Seaborg, *Phys. Rev.*, 76, 1949, p. 1406; J. O. Rasmussen, F. L. Reynolds, S. G. Thompson et A. Ghiorso, *Phys. Rev.*, 80, 1950, p. 475; K. H. Sun, F. A. Pecjak et B. Jennings, *Phys. Rev.*, 82, 1951, p. 772; R. W. Hoff, J. O. Rasmussen et S. G. Thompson, *Phys. Rev.*, 83, 1951, p. 1069.

Mais les données sont encore très imprécises : l'identification des isotopes est difficile, ce qui entraîne une incertitude sur A, les valeurs des embranchements α/K sont très difficilement mesurables, d'où l'impossibilité de calculer la valeur de la période T_α de désintégration par émission α. Toutefois, en partant de l'hypothèse selon laquelle cette région présente une similitude poussée avec la région $Z = 84$ à 90, nous pouvons tracer un réseau qui vérifie les conditions imposées par les connaissances expérimentales dont on est sûr. Ce réseau permet de prédire les propriétés intéressantes d'isotopes non encore connus, et il permet également d'expliquer deux anomalies qui se présentaient dans cette région, à savoir l'absence du ^{62}Sm 146 et du ^{64}Gd 150 qui devraient exister dans la nature.

Le Sm 146 est β-stable, c'est le cinquième isotope de la série centrale des stables à A successifs relatifs à $Z = 62$, son correspondant sur la parabole des stabilités est le ^{60}Nd 146.

Le Gd 150 est aussi β-stable ([6]) comme l'indique la parabole relative à $A = 150$, ce qui pose d'ailleurs la question du ^{60}Nd 150 dont la radioactivité β est controversée : $A = 150$ semble constituer un nouvel exemple de triplet d'isotopes stables analogue aux triplets bien connus : $A = 136$, 130, 124, 96.

Le tableau indique les énergies α prévues des isotopes stables. Nous constatons que le Sm 146 et le Gd 150 ont des énergies respectives de 2,4 et 2,7 MeV donc supérieures à l'énergie du samarium ordinaire qui est de 2,14 MeV. Comme ce sont des noyaux pair-pair leur période alpha est certainement bien plus courte que celle du samarium 147 ordinaire qui est particulièrement élevée du fait de l'interdiction ([4]) qui semble caractériser les émetteurs à nombre de masse impair. Ces deux isotopes ont donc certainement existé mais se sont désintégrés : le Gd 150 vers le Sm 146 et ce dernier vers le néodyme 142.

	E_α prévue (au-dessus de 1 MeV).			E_α prévue (au-dessus de 1 MeV).	
$_{60}$Nd 144......	1,5	–	$_{63}$Eu 151......	1,8	–
$_{62}$Sm 146......	2,4	disparu	153......	1,2	–
147......	2,14	10^{12} ans	$_{64}$Gd 150......	2,7	disparu
148......	1,8	–	152......	2,1	–
149......	1,5	–	154......	1,6	–
150......	1,2	–	155......	1,4	–
			156......	1,1	–

Nous avons une confirmation de ce fait dans les abondances anormalement élevées du Nd 142 : abondance relative et abondance absolue :

L'abondance relative 27 % est tout à fait inusitée pour l'isotope le plus bas de la série centrale des 5 (ou 3) stables de A consécutifs. Entre $Z = 34$ et $Z = 83$

([6]) Ch. Martin, *Tables de masses nucléaires* (en préparation).

ce cas ne se présente que 4 fois, tous les autres isotopes dans cette position ont une abondance relative qui n'excède pas 10 %,

L'abondance absolue de cet isotope ([7]) présente un pic par rapport aux isotopes voisins, sa valeur 0,0090 pour 10 000 atomes de silicium est très nettement au-dessus des autres valeurs dans l'intervalle $Z = 56$ à 72. Il y a donc accumulation de cet isotope dans l'écorce terrestre due à l'apport des deux émetteurs alpha instables Gd 150 et Sm 146.

Tous les autres noyaux stables ont des énergies égales ou inférieures à 1,8 MeV, donc de périodes très longues. Seul le Sm 148 qui est pair-pair peut avoir une probabilité de désintégration qui permette de l'observer par la méthode des plaques.

Le cas du Gd 152, avec une énergie prévue de 2,1 MeV, s'explique difficilement à moins d'admettre que ses caractéristiques (E_α et T_α) soient confondues avec celles du Sm 147 naturel.

CHIMIE ANALYTIQUE. — *Les réactions du germanium.*

Note de M. **Pierre Bévillard**, transmise par M. Paul Pascal.

Le pH d'une solution d'oxyde de germanium s'abaisse d'une façon remarquable en présence des orthodiphénols.

Pour assurer la neutralisation d'une solution d'oxyde de germanium employée en excès, il faut une quantité de soude proportionnelle à la quantité d'orthodiphénol introduite; à 2 mol de soude correspondent 3 mol d'orthodiphénol.

En présence d'un excès d'orthodiphénol, la quantité de soude nécessaire à la neutralisation est proportionnelle à la quantité d'oxyde de germanium présente; à un atome de germanium correspondent 2 mol de soude.

Ces faits expérimentaux laissent prévoir l'existence de composés du type germanium-orthodiphénols qu'il convient de représenter par la formule

$$\mathrm{Ge}\left(\mathrm{C_6H_4}\begin{smallmatrix}\mathrm{O}\\ \mathrm{O}\end{smallmatrix}\right)_3\mathrm{H_2}.$$

et que nous appellerons acides phénolgermaniques.

Cette réaction très générale a été étudiée avec les phénols suivants : pyrocatéchol, pyrogallol, hydroxyhydroquinone, dihydroxynaphtalènes 1-2 et 2-3.

([7]) Harrison Brown, *Rev. of Modern Phys.*, **21**, 1949, p. 625.

Dérivés des acides phénolgermaniques. — Les sels d'ammonium, de pyridine, de quinoléine ont été isolés et analysés. Il existe aussi des combinaisons insolubles rouges obtenues avec la phénanthroline ferreuse. Ce sont encore des sels, la phénanthroline ferreuse jouant le rôle d'alcali. Il semble exister des dérivés analogues dans lesquels le zinc remplace le fer.

L'existence de telles molécules permet un dosage commode du germanium et des orthodiphénols. Pour doser le germanium, on procèdera volumétriquement par neutralisation en présence d'un excès de pyrocatéchol et d'un indicateur dont le virage se situe autour de pH 6. On pourra également déterminer la courbe de pH.

Les acides phénolgermaniques étant suffisamment forts, on pourra titrer l'iode libéré par le mélange iodure-iodate en leur présence.

Pour doser les orthodiphénols, on opérera en présence d'un excès de solution d'oxyde de germanium, on titrera l'acidité par la soude avec, pour indicateur, la pourpre de bromocrésol. On doit remarquer que les réactifs du germanium étudiés dans les Notes précédentes présentent une fonction orthodiphénol, susceptible d'engendrer des acides phénolgermaniques qui, s'ils ne constituent pas les termes finaux de la réaction, en sont probablement des modifications simples et de structure globale analogue ([1]), ([2]), ([3]).

On doit enfin modifier les rapprochements établis dans la dernière Note ([4]) à la lumière des constatations suivantes : les quinones non benzéniques ne déterminent pas de précipitations colorées en présence des *o*-diphénols et de germanium et les quinones benzéniques halogénées fournissent, dans les mêmes conditions, des précipités ne contenant pas d'halogènes. Il s'agit donc, dans ce cas, d'une réaction d'oxydation qui, par ailleurs, n'est peut-être pas sans relations avec les réactions des *o*-diphénols transposables.

Les fonctions quinone-imine susceptibles de remplacer les quinones dans la réaction précédente, fourniraient, en fait, des composés différents; elles donneraient, grâce à leur caractère basique, les sels des acides phénolgermaniques.

Signalons enfin que l'hydroxy-4-azobenzènesulfonate de sodium ne réagit en présence de germanium qu'en raison de faibles quantités d'acide diazobenzène sulfoné qu'il retient et que ce dernier doit être substitué au précédent dans la formule du réactif des orthodiphénols.

([1]) Tchakirian-Bévillard, *Comptes rendus*, 233, 1951, p. 256.
([2]) Tchakirian-Bévillard, *Comptes rendus*, 233, 1951, p. 1033.
([3]) Tchakirian-Bévillard, *Comptes rendus*, 233, 1951, p. 1112.
([4]) Bévillard, *Comptes rendus*, 234, 1952, p. 216.

CHIMIE ANALYTIQUE. — *Sur le microdosage des ions chlore et brome en présence l'un de l'autre. Application de l'argentométrie potentiométrique par potentiels repérés.* Note de M. **Roger Lévy**, présentée par M. Charles Dufraisse.

La détermination expérimentale de l'ion brome fournit un résultat brut qui doit subir une correction, fonction des quantités absolues de chlore et de brome en présence et qui peut s'écrire sous forme d'une relation fonctionnelle.

Nous avons antérieurement publié une méthode de microdosage des halogènes, dans les substances organiques, par argentométrie potentiométrique par potentiels repérés, après minéralisation dans la microbombe de Parr (1), (2).

La présente Note concerne son application au cas de la présence simultanée du chlore et du brome. L'analyse comporte alors deux déterminations expérimentales, correspondant respectivement à la somme des halogènes et au brome.

Somme des halogènes. — La méthode décrite pour le microdosage du chlore seul (1), (2) s'applique purement et simplement à celui de la somme (chlore + brome). On détermine ainsi le volume q ml de nitrate d'argent 0,01 N équivalent à la totalité des halogènes contenus dans une *première prise d'essai analytique* de masse μ_1 mg de la substance à analyser.

Brome. — La méthode décrite pour le microdosage du brome seul (1), (2) et qui comporte, rappelons-le, une standardisation des conditions d'attaque et de mise en solution pour assurer l'invariabilité de l'effet de sel, ne peut s'appliquer sans « correction » en présence de chlore. Sur une seconde prise d'essai analytique de masse μ_2 mg, on trouve, en effet, par argentométrie potentiométrique par potentiels repérés, en arrêtant la titration lorsque l'électrode d'argent a atteint le potentiel d'équivalence des ions Br^- seuls (prédéterminé en l'absence d'ions Cl^-) que le volume de nitrate d'argent 0,002 N utilisé, m' ml, est *toujours supérieur* au volume m ml équivalent aux ions Br^- effectivement présents dans la solution.

Nous avons observé que la différence $\varepsilon = m' - m$ est reproductible. Dans nos conditions opératoires elle ne dépend que des quantités absolues de brome et de chlore en présence dans la solution à titrer. En conséquence si n ml est le volume de nitrate d'argent 0,002 N équivalent à la totalité des ions Cl^- en solution, la correction peut s'exprimer en fonction des volumes m et n ou, plus commodément, m' et n; on peut donc écrire $\varepsilon = F(m'; n)$.

Pour expliciter cette fonction, on effectue l'étude expérimentale de solutions définies par la masse (3 g) de peroxyde de sodium employé et par leur volume

(1) R. Lévy, *Comptes rendus*, 230, 1950, p. 1958.

(2) R. Lévy, *Mikrochemie*, 36-37, 1951, p. 741-768.

en fin de titrage ($v_f = 200$ ml), grandeurs qui doivent être fixées une fois pour toutes, ainsi que par les paramètres m et n, connus *a priori*. Dans cette étude les limites de variation de m et n sont les suivantes : $0,1 \leq m \leq 10$; $0 \leq n \leq 10$. Pour $m < 0,1$, ε n'est plus défini (ε est évidemment nul quel que soit n pour $m = m' = 0$).

Dans ces conditions, et quelle que soit la valeur de m, on constate qu'il est possible de distinguer trois domaines (1, 2 et 3) de variation de n. Il leur correspond trois expressions empiriques $\varepsilon_1(m'; n)$, $\varepsilon_2(m'; n)$ et $\varepsilon_3(m'; n)$ de la fonction $\varepsilon = F(m'; n)$ établies à partir de tableaux de résultats numériques expérimentaux.

Domaine 1. — $1 \leq n \leq 10$:

$$\text{(I)} \qquad \varepsilon_1(m'; n) = (0,072\,n + 0,144)\log_{10}(3 + m') - (0,020\,n + 0,088).$$

Domaine 2. — $0 \leq n \leq 0,5$:

$$\text{(II)} \qquad \varepsilon_2(m'; n) \equiv 0.$$

Domaine 3. — $0,5 \leq n \leq 1$:

$\varepsilon_3(m'; n)$ peut se calculer, pratiquement, par interpolation linéaire entre les valeurs de ε aux limites du domaine 3, soit $\varepsilon_1(m'; 1)$ et $\varepsilon_2(m'; 0,5) = 0$ il vient :

$$\text{(III)} \qquad \varepsilon_3(m'; n) = \frac{n - 0,5}{0,5}\varepsilon_1(m'; 1) = (n - 0,5)[0,432\log_{10}(3 + m') - 0,216].$$

Calculs analytiques. — On élimine n, paramètre généralement inconnu, entre son expression évidente :

$$\text{(IV)} \qquad n = \left(5\frac{\mu_2}{\mu_1}q - m\right) = 5\frac{\mu_2}{\mu_1}q - m' + \varepsilon = (n' + \varepsilon)$$

et les équations I et III. On obtient ainsi deux nouvelles formes des expressions de ε_1 et ε_3 qui peuvent se calculer numériquement en fonction des grandeurs déterminées analytiquement m', q, μ_1 et μ_2. Le choix de l'expression de ε à utiliser dépend du domaine dans lequel sera située la valeur finale de n. Pratiquement, si la valeur non corrigée n' de n (*cf.* équation IV) appartient à l'un des domaines 1 ou 2, ε sera égal à ε_1 ou ε_2, si n' appartient au domaine 3, intermédiaire, ε sera égal à ε_3 ou à ε_1 selon que $n' + \varepsilon_3$ sera inférieur ou supérieur à 1. La connaissance de ε permet de déduire les valeurs numériques de $m = m' - \varepsilon$ et de $n = n' + \varepsilon$, volumes de nitrate d'argent 0,002 N respectivement équivalents aux nombres d'ions Br^- et Cl^- issus de la seconde prise d'essai analytique de μ_2 mg. Les teneurs en brome et en chlore de la substance analysée en résultent immédiatement.

Une discussion approfondie concernant les expressions de ε ainsi que la précision de la précédente méthode de microdosage du chlore et du brome simultanément présents dans une substance organique sera publiée ultérieurement.

Toutefois, il convient d'ores et déjà de souligner que cette précision est comparable, en général, à celle des microdosages du chlore et du brome seuls [1] [2] si les ordres de grandeur des prises d'essais analytiques sont respectivement voisins de 10 mg pour μ_1 et de 2 à 5 mg, suivant les cas, pour μ_2.

MÉTALLOGRAPHIE. — *Rupture intercristalline des alliages aluminium-zinc.* Note [*] de M. **Eric-Charles Perryman**, présentée par M. Pierre Chevenard.

La fragilité intercristalline des alliages aluminium-zinc a déjà été signalée par plusieurs auteurs [1]. Nous-même avons montré que cette fissuration a lieu aussi dans l'air ou dans une solution de ClNa à 3 % et tend à augmenter quand la teneur en zinc croît de 8 à 13 % [2]. Ce phénomène est en relation avec la précipitation discontinue observée après vieillissement à la température ambiante. De minces pellicules d'une nouvelle solution solide et des zones riches en zinc apparaissent aux contours du grain (« light phenomenon » de Gayler) [3] (*fig.* 1). Nous pensons que cette solution solide a une teneur en zinc approchant celle de l'équilibre à la température du vieillissement. Cependant, Hardy [4] a suggéré que ce « light phenomenon » était une conséquence du passage des zones de Guinier-Preston au précipité le plus stable. De toute façon, ces alliages vieillis à température ambiante présentent une zone de contour de grain moins dure que l'intérieur du grain. Nous avons suggéré [2] un mécanisme d'après lequel cette structure conduirait à une fissuration intercristalline retardée.

Pour confirmer cette hypothèse, deux tôles d'alliage à 13,4 % de Zn sont homogénéisées 3 heures à 450°C, trempées à l'eau et vieillies, l'une 10 jours à la température ambiante, l'autre 284 jours à 125°C. On prolonge ce dernier revenu jusqu'à ce qu'il n'y ait plus de variation du paramètre du réseau, c'est-à-dire jusqu'à obtention de l'équilibre : la structure consiste en un précipité d'équilibre riche en zinc, dans une solution solide à 5 % de Zn (*fig.* 2). L'alliage est alors corrodé sous tension dans le brouillard salin à 3 %.

Traitement.	R (Kg/mm²).	$E_{0,1\%}$ (Kg/mm²).	A % (L_0=50,8mm).	Force appliquée (Kg/mm²).	Temps écoulé avant fissuration.
Vieilli 10 jours à 20 °C...	26,9	16,7	9	7,9	2 jours
Vieilli 284 jours à 125 °C.	11,0	6,5	13	7,9	Non fissurée en 57 jours

[*] Séance du 13 octobre 1952.

[1] G. Chaudron, J. Herenguel et P. Lacombe, *Comptes rendus*, 218, 1944, p. 404; J. Herenguel et P. Lacombe, *Métaux et Corrosion*, 19, 1944, p. 39.

[2] F. C. W. Perryman et J. C. Blade, *J. Inst. of Metals*, 77, 1950, p. 263.

[3] M. Gayler, *J. Inst. of Metals*, 72, 1946, p. 243.

[4] H. K. Hardy, *J. Inst. of Metals*, 79, 1951, p. 321.

L'examen des échantillons témoins corrodés sans tension montre que la corrosion intercristalline a lieu dans les alliages vieillis à température ambiante mais non dans ceux qui ont été vieillis à 125° C. Il paraît évident que la tendance à la fissuration et à la corrosion intercristallines dépend de l'existence d'une nouvelle solution solide au contour de grain.

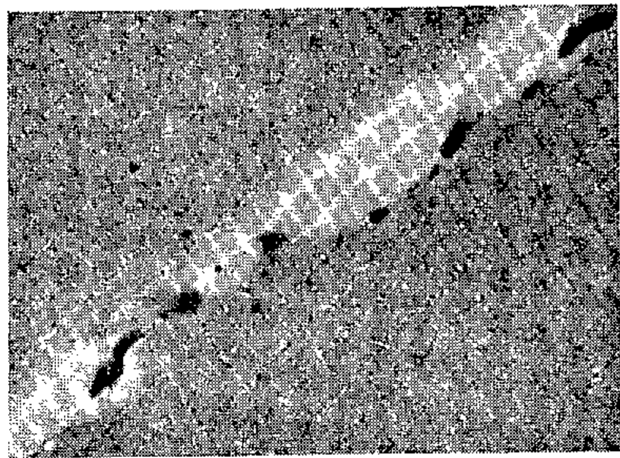


Fig. 1.

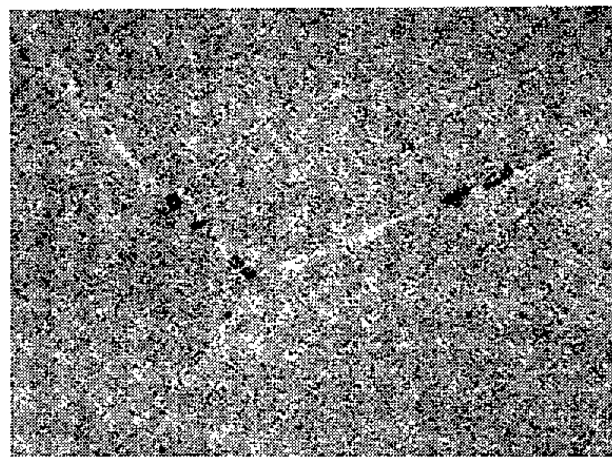


Fig. 2.

Fig. 1. — Alliage d'Al à 10 % Zn vieilli à 20°. Micrographie électronique d'une surface polie électrolytiquement. Réplique de Formvar. (× 9600.)

Fig. 2. — Alliage d'Al à 13 % Zn vieilli à 125° pendant 284 jours, poli électrolytiquement et attaqué dans l'acide fluorhydrique 1/2 %. (× 750.)

Une autre preuve montrant que la fissuration retardée est due à un mécanisme de glissement entre grains [1] a été obtenue en courbant des échantillons, d'un alliage Al-Zn à 10 %, polis électrolytiquement et vieillis à température ambiante. Après une légère courbure, la limite extrême du contour de la nou-

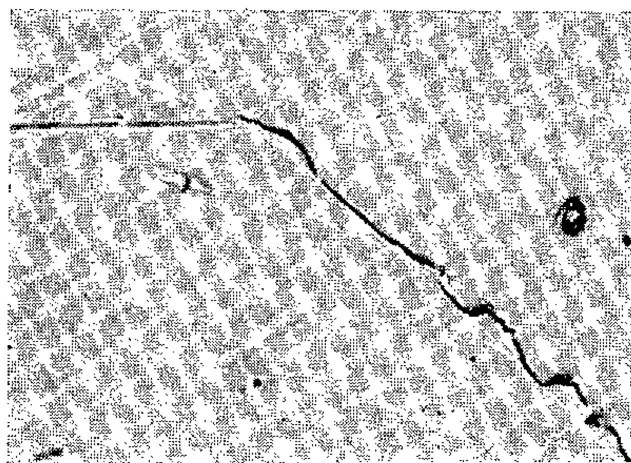


Fig. 3.

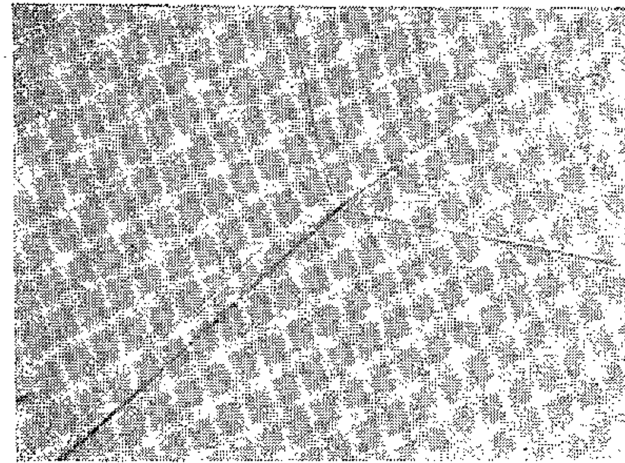


Fig. 4.

Fig. 3. — Alliage d'Al à 10 % Zn vieilli à 20°, légèrement courbé après polissage électrolytique. (× 1500.)

velle solution solide devient très sombre (*fig.* 3). Nous pensons que cette ligne sombre est due à une dénivellation formée entre la nouvelle solution solide et le grain adjacent, par suite d'un mouvement du contour de grain pendant la déformation. En outre, on observe dans le prolongement du contour dans lequel a eu lieu le déplacement, une ligne transcristalline qui semble être dans

l'alignement du contour de grain (*fig.* 4). Nous attribuons la formation de cette ligne à une tension localisée dans le grain, produite par le déplacement relatif des grains. Schulz et Wassermann [5] ont trouvé dans un alliage d'aluminium à 6,3 % de Zn et 1,2 % de Mg, une prolongation semblable du contour de grain dans un cristal voisin, et de plus une précipitation localisée aux contours de grains et dans leur prolongement, ce qui confirmerait que ces lignes sont un signe de déformation localisée.

Ces résultats confirment l'hypothèse initiale [2], suivant laquelle la rupture intercristalline de l'alliage Al-Zn est due à la formation d'une nouvelle solution solide aux contours de grains pendant le vieillissement et que la rupture est due à un mouvement relatif entre grains.

CHIMIE THÉORIQUE. — *Remarque sur le rôle de l'indiscernabilité des électrons en chimie théorique.* Note (*) de M. **Raymond Daudel**, présentée par M. Louis de Broglie.

Un grand nombre des notions introduites par les théories électroniques de la chimie sont en contradiction avec le principe d'indiscernabilité des électrons. D'après ce principe, en effet, *tous les électrons d'un même système jouent dans celui-ci des rôles rigoureusement équivalents.*

Dans un atome polyélectronique il n'est donc pas correct de dire qu'il existe des électrons appartenant à des couches différentes K, L, M, N, ... Il n'est pas non plus convenable de définir des électrons de valence.

C'est également se mettre en contradiction avec le principe d'indiscernabilité que de distinguer entre électrons de liaison et électrons de cœur, entre électrons π et électrons σ, entre électrons localisés et délocalisés. En raison même de l'indiscernabilité des électrons d'une molécule, chacun d'entre eux contribue, en effet, exactement de la même manière à la stabilité de chaque liaison, chacun d'entre eux présente la même délocalisation. Il n'est donc pas très correct de définir dans une molécule complexe des liaisons à un ou deux électrons selon la méthode habituellement utilisée.

Mais puisque ces notions ont rendu d'immenses services, essayons d'en préciser la raison et de voir s'il est possible de les améliorer.

En raison des interactions entre les électrons il est bien connu qu'on ne peut écrire une fonction d'onde rigoureuse sous la forme d'un produit de fonctions monoélectroniques, mais il est toujours possible de développer ladite fonction d'onde en une série de tels produits. Selon que chacune des

---

[5] *B. I. O. S/Gp2/HEC,* 3758.

(*) Séance du 13 octobre 1952.

fonctions électroniques est considérée comme associée à un ou à plusieurs (soit k) noyaux d'atome, on parle de méthode des orbitales atomiques ou moléculaires plus ou moins délocalisées selon que k est plus ou moins grand. *Le choix des orbitales atomiques ou moléculaire, est en principe, totalement arbitraire.* Il suffit que l'ensemble des termes de la série forme une base *complète* dans l'espace de Hilbert.

Dans le cas d'un atome unique on peut choisir les orbitales atomiques en sorte que le premier terme de la série soit prépondérant et donne une approximation convenable de sa fonction d'onde. On appelle alors fonctions K, L, M, ..., les orbitales atomiques obtenues. Dans le cas d'une molécule on peut choisir, pour constituer la série, les orbitales atomiques K, L, M, ... associés aux différents noyaux qu'elle renferme. Les termes les plus importants de la série contiennent alors en commun un groupe de fonctions K, L, M, etc. de chaque atome. On peut les appeler *fonctions de cœur* de ces atomes, les autres orbitales devenant *des fonctions de valence.*

Bien entendu, le nombre des termes importants que l'on doit prendre dépend d'une appréciation personnelle et la définition des fonctions de cœur et de valence est subjective.

Continuant cette analyse, on rencontre les fonctions σ, π, des fonctions plus ou moins localisées ([1]), etc.

Au fond les qualités anciennement attribuées *aux électrons* peuvent être associées à *des fonctions qui interviennent* dans la représentation *approchée* des fonctions d'onde des atomes et des molécules,

On améliorerait le langage de la chimie théorique en remplaçant le mot électron par le mot fonction dans bien des cas. On éviterait notamment de donner une signification inexacte aux termes d'énergie « d'échange » ([2]). Les notions critiquées ici n'ont plus de sens physique, mais seulement *un sens analytique approximatif.* Les théories qui utilisent ces notions ne résistent pas toujours à l'antisymétrisation ([3]).

([1]) Bien entendu, dans la représentation des électrons à l'aide de la série on retrouve finalement la délocalisation de ces électrons. Coulson a montré que la simple antisymétrisation d'un produit de fonctions localisées donne *sensiblement* la même fonction que la même opération faite à partir des fonctions délocalisées (*J. Chim. Phys.*, **16**, 1949, p. 198).

Nous avons montré que si l'on introduit l'interaction de configuration, les deux types de fonctions se transforment en des fonctions *rigoureusement* identiques (non publié).

([2]) Au cours d'un Congrès récent à Moscou, l'attention a fortement été attirée sur cet inconvénient.

([3]) C. Vroelant (non publié) a, par exemple, démontré que, par antisymétrisation, la fonction produit associée à un atome de carbone contenant une orbitale π et trois orbitales σ coplanaires devient *identique* à celle que l'on obtient en appliquant la même

On est donc tenté de chercher à améliorer ces notions en leur donnant une définition absolue, c'est-à-dire applicable à la fonction d'onde rigoureuse ([4]).

On peut aussi chercher à définir des notions ayant en même temps une signification expérimentale précise.

Selon cette voie on peut, *par exemple*, définir les couches d'un atome comme les régions de l'espace comprises entre les minima de la densité électronique. On peut aussi introduire des notions de cœur et de zone de liaison répondant à ces exigences en convenant d'appeler zone de cœur d'une molécule donnée toute région où la densité électronique est sensiblement la même que celle qui résulterait de la superposition des densités correspondant aux atomes isolés dans leur état fondamental et zone de liaison les autres régions.

En suivant une telle voie, on est alors conduit à représenter les grandeurs associées aux liaisons par des intégrales portant sur une partie de l'espace et toutes les variables électroniques alors qu'habituellement on intègre sur tout l'espace et un petit nombre des variables électroniques. Il est possible que la corrélation entre les positions électroniques permette d'autres définitions.

RADIOCRISTALLOGRAPHIE. — *Montage achromatique pour la détermination du profil des raies de diffraction des rayons* X. Note de MM. **André Guinier** et **François Sébilleau**, présentée par M. Charles Mauguin.

Une des difficultés principales rencontrées dans la mesure précise de la forme des raies Debye-Scherrer, provient de la largeur spectrale du rayonnement utilisé. En effet, alors que les corrections dues à la géométrie de l'appareillage employé peuvent être réduites sans limitation, l'effet de la largeur spectrale est inévitable. Il est déjà difficile d'isoler $K\alpha_1$ de $K\alpha_2$ à l'aide d'un monochromateur, il serait donc impossible de limiter une bande spectrale étroite dans $K\alpha_1$; au surplus l'énergie contenue dans le faisceau deviendrait considérablement trop faible.

On peut éliminer l'effet de la largeur spectrale en utilisant un dispositif achromatique : on cherche à réaliser un montage tel que toutes les figures de diffraction données par les radiations de longueurs d'onde comprises dans un petit intervalle $\Delta\lambda$ autour de λ se superposent exactement.

---

opération au carbone tétraédrique. Une amélioration de la théorie usuelle de la valence dirigée comme le propose K. Artmann (*Z. f. Naturfor.*, 1, 1946, p. 426), n'en est que plus nécessaire.

([4]) Th. Berlin (*J. Chem. Phys.* 19, 1951, p. 208), a introduit selon ce thème une zone de liaison et une zone d'antiliaison.

Le principe en est le suivant : un faisceau primaire contenant deux radiations de longueurs d'onde λ et $\lambda + \Delta\lambda$ tombe sous l'incidence θ_1 sur un cristal dont les plans réflecteurs ont un intervalle réticulaire d_1. Étant donné la divergence du faisceau primaire, les deux radiations sont réfléchies, mais dans deux directions différentes dont l'écart angulaire est $\Delta\theta_1 = \Delta\lambda/2\,d_1 \cos\theta_1$. Les deux rayons sont de nouveau diffractés par un échantillon plan de poudre cristalline.

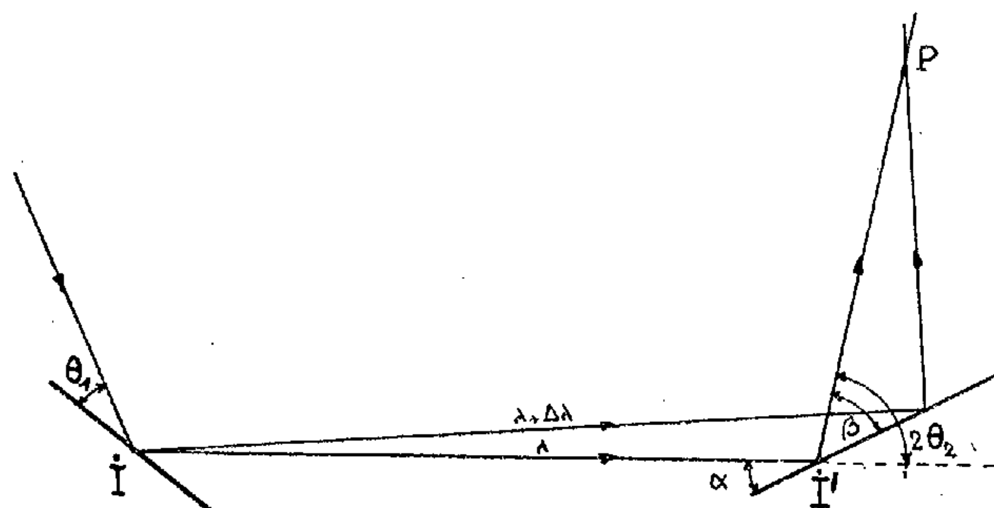


Fig. 1.

Pour un plan réticulaire donné (intervalle d_2) les angles de Bragg pour λ et $\lambda + \Delta\lambda$ sont respectivement θ_2 et $\theta_2 + \Delta\theta_2$. Il s'ensuit que les deux rayons se rencontrent en un point P tel que (*fig.* 1)

$$\frac{\mathrm{I'P}}{\mathrm{II'}} = \frac{\sin\beta}{\sin\alpha}\,\frac{\mathrm{tg}\,\theta_1}{\mathrm{tg}\,\theta_1 + 2\,\mathrm{tg}\,\theta_2}, \tag{1}$$

la formule ne contenant pas $\Delta\lambda$, l'achromatisme est réalisé pour toute une bande de longueurs d'onde autour de λ, avec une approximation du premier ordre. Ekstein et Siégel (¹) ont vérifié expérimentalement les possibilités de ce montage : il a le grave inconvénient de donner des intensités trop faibles.

Nons avons remplacé le cristal plan par un cristal courbé, et cherché à combiner les effets de focalisation géométrique et chromatique. Pour une longueur d'onde déterminée, le faisceau réfléchi par le cristal courbé, puis diffracté dans la poudre cristalline par un plan réticulaire donné converge vers un point P_λ (*fig.* 2).

En général quand λ varie, le point P_λ se déplace, mais on montre que, pour une raie de diffraction donnée, il existe une disposition du diffuseur par rapport au cristal telle que le point de focalisation P_λ soit indépendant de λ au premier ordre près. Dans ce cas, les paramètres géométriques du montage satisfont à la relation

$$\mathrm{MF}\,\mathrm{tg}\,\theta_1 = 4\,\mathrm{R}\,\mathrm{tg}\,\theta_2. \tag{2}$$

(¹) *Phys. Rev.*, 73, nº 10, p. 1207 (L).

Cette propriété est d'ailleurs utilisée dans l'association d'une chambre de diffraction cylindrique à un monochromateur à cristal courbé. Sur les diagrammes de poudre obtenus, le doublet $K\alpha_1$, $K\alpha_2$ est supprimé pour une certaine distance réticulaire, et notablement réduit pour les distances voisines (²).

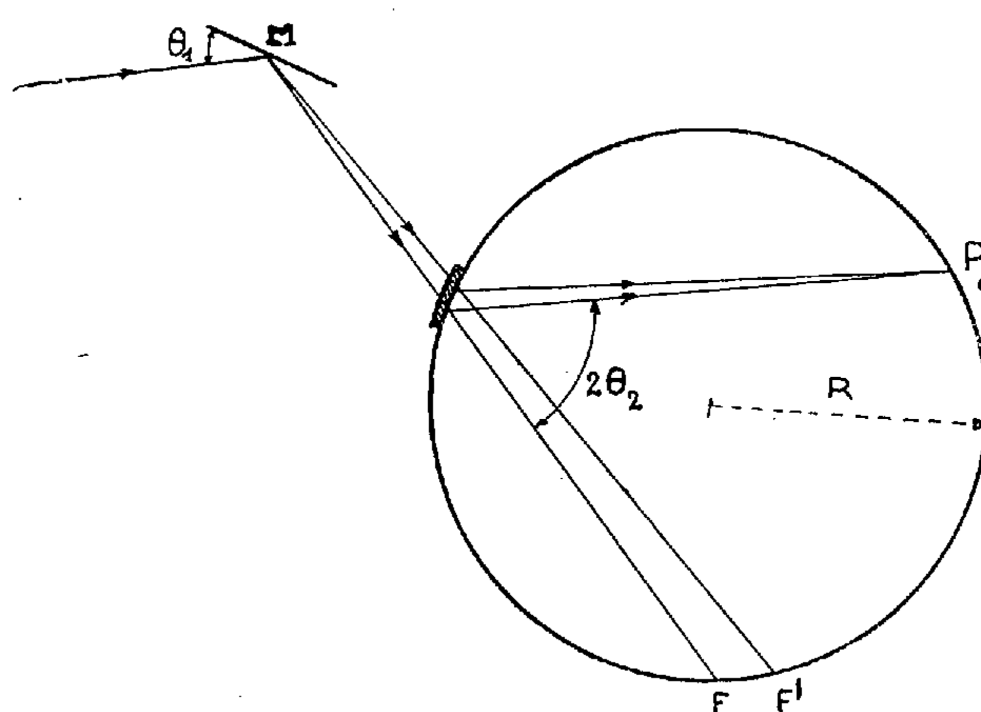


Fig. 2.

Pour étudier la forme d'une raie donnée, on dispose le diffuseur (par transmission ou par réflexion) dans une position telle que la relation (2) soit vérifiée. A condition de prendre en outre toutes les précautions nécessaires pour réduire les causes géométriques d'élargissement on peut espérer obtenir des profils assez précis, d'une part pour déceler de très faibles élargissements, d'autre part pour utiliser avec profit les méthodes de dépouillement récentes.

Avec un premier cristal en quartz dont on utilise les plans $(10\bar{1}0)$ et le rayonnement du cuivre, on peut enregistrer les raies comprises entre 5 et 2 Å. Pour des distances réticulaires plus courtes, on doit changer de plans réflecteurs. Les plans (0003) permettent d'explorer l'intervalle 3 — 0,82 Å.

A titre d'exemple, nous avons déterminé les dimensions de grains de poudres d'oxyde d'étain obtenues par des préparations chimiques variées. Quand la taille des cristaux est petite, un bon diagramme Debye-Scherrer suffit à cette estimation. Par contre lorsque les dimensions des grains dépassent 500 Å, la méthode achromatique donne des résultats très supérieurs et permet de distinguer des échantillons dont les diagrammes de poudre classiques sont pratiquement identiques.

(²) P. M. de Wolff, *Acta Crystallographica*, 1, 1948, p. 2001.

GÉOLOGIE. — *Existence d'une importante lacune stratigraphique, de vaste extension géographique, dans le Jurassique moyen haut-marnais.* Note de M. **Pierre L. Maubeuge**, transmise par M. Pierre Pruvost.

On sait que, dans la région de Châtillon-sur-Seine, le Callovo-oxfordien considérablement réduit en puissance, avec faunes remaniées, repose sur le « Calcaire à *Rhynchonella Hopkinsi* », formation supposée bathonienne ([1]), mais dont l'âge exact n'est toujours pas démontré ([2]). En montant vers le Nord, on connaît, dans la région de Chaumont, par exemple, un Callovien moyen à oolithes ferrugineuses, bien daté, reposant, avec surface d'émersion intercalée ([3]), sur un massif de calcaire blanc finement oolithique attribué unanimement jusqu'ici au Bathonien; dessous vient une faible épaisseur de couches oolithiques ou marno-calcaires, sableuses, que j'ai, avec Wohlgemuth, attribuées à un faciès latéral des « Caillasses à *Anabacia* » d'âge Bathonien inférieur; plus bas, enfin, vient le « Calcaire à *Rh. decorata* » dont l'âge a été constamment remis en question par les auteurs ([4]) et que j'ai daté comme Bajocien supérieur sur la trouvaille de la seule Ammonite connue à ce jour dans cette assise ([5]). Plus au Nord encore, à Andelot, puis à Saint-Blin, Wohlgemuth a signalé le premier des faciès nouveaux entre le calcaire oolithique supposé bathonien et celui, lithographique, du Bajocien supérieur : ce sont ses « Marnes et calcaires oolithiques à *Waldheimia digona* et *W. obovata* ». Aucune Ammonite n'est signalée dans ces couches et Wohlgemuth a longuement insisté sur l'anomalie constituée par la présence de Brachiopodes calloviens dans une couche supposée un faciès latéral des « Caillasses à *Anabacia* », bathoniennes. Un peu plus au Nord encore, à Prez-sous-Lafauche, des couches analogues, avec même faune de Brachiopodes et de Lamellibranches, mais avec Ammonites typiquement calloviennes, sont signalées sous les calcaires oolithiques et à entroques (faciès de la « Dalle nacrée ») et réputées reposer sur les calcaires oolithiques bathoniens. Enfin, à Neufchâteau même, on connaît une série qui, si elle n'est pas parfaitement datée, ne semble pas poser d'importants problèmes stratigraphiques; le Callovien inférieur bien daté repose par l'intermédiaire d'une surface d'émersion, sur les calcaires oolithiques bathoniens ([6]) lesquels passent aux calcaires sableux à Brachio-

---

([1]) Ce ne serait donc pas un faciès latéral du « Calcaire à *Rh. decorata* ».

([2]) J. Wohlgemuth, *Thèse*, 1883 (*Bull. Soc. Sc. Nancy*).

([3]) P. L. Maubeuge, *Bull. Soc. Sc. Nancy*, 1950, **9**, n° **2**, p. 21-27.

([4]) G. Corroy, *Bull. Soc. Géol. de Fr.*, **27**, 1927, p. 95.

([5]) *Bull. Soc. Sc. Nancy*, 1952, **11**, n° **2**, p. 41-7.

([6]) G. Corroy, *Mem. Carte Géol. de Fr.*, 1932.

podes supposés Bathonien inférieur et portés par les « Calcaires à *Rh. decorata* » terminés par une surface d'émersion.

Le profil longitudinal dressé sur cette base ([2]) semble assez cohérent, les migrations de faunes soulevant cependant des problèmes assez importants, et Wohlgemuth les a tellement bien entrevus qu'il a cru pouvoir y trouver des arguments contre les lois de la paléontologie stratigraphique.

Il y a quelques années, j'ai signalé un certain nombre de faits qui s'intègrent assez mal dans ce schéma ([3]). A Bologne, au Nord de Chaumont, j'ai montré que le Callovien moyen repose sur un calcaire oolithique à accidents crinoidiques, rappelant la « Dalle nacrée » et non sur cette formation; comme ce calcaire oolithique est le Bathonien des auteurs, j'avais admis qu'il fallait reconnaître une lacune portant sur la zone à *M. macrocephalus*. Pourtant, j'ai insisté sur la trouvaille de Royer laquelle avait déjà troublé Wohlgemuth : cette dalle oolithique aurait livré des *Macrocephalites* et des *Choffatia* du groupe de *subbackæriæ* d'Orb.; mais les fossiles étant perdus et la trouvaille jamais confirmée, j'ai formulé les réserves ou explications pouvant s'y rapporter.

Or, tout récemment, d'autres faits m'ont amené à reconsidérer le problème. En effet, une récolte à Saint-Blin, dans les couches supposées bathoniennes supérieures, de *Reineckeia* aff. *spinosa* Jeannet ([7]), s'est révélée comme datant le Callovien inférieur. Puis des trouvailles d'Ammonites calloviennes. dont *M. tumidus* Rein., à Chaumont ([7]), dans le calcaire oolithique, maintenu dans le Bathonien malgré cette présence, laissaient entrevoir l'âge véritable du calcaire oolithique entre Chaumont et Neufchâteau. En effet, les Lamellibranches, Astéries, *Apiocrinus*, les *Ornithella digona* et autres, se trouvent avec les Ammonites tout à la base du calcaire oolithique. On a donc deux preuves déjà de l'âge callovien inférieur du massif de calcaire oolithique à passées de faciès « Dalle nacrée ». La confirmation totale de cette conception réside dans ma trouvaille d'un fragment indéterminable de *Reineckeia* et d'un *M. macrocephalus* Schl. typique, près de Saint-Blin, dans les « marnes et calcaires oolithiques à *O. digona* et *obovata* » de Wohlgemuth.

On doit donc conclure tout d'abord que, comme le fait est universellement admis, les *Macrocephalites* européens ne se trouvent pas dans le Bathonien, et datent bien la base du Callovien. Les anomalies biostratigraphiques signalées en Haute-Marne par Wohlgemuth et Gardet n'existent pas. Enfin, sur une quarantaine de kilomètres, de Chaumont à un peu au Sud de Neufchâteau, on voit un faciès de calcaire oolithique pur avec passées de « Dalle nacrée », représentant le Callovien inférieur, reposer à

([7]) G. GARDET, *Bull. Soc. Hist. N. Haute-Marne*, 16, n° 14, 1952, p. 243-248.

Chaumont sur le Bathonien inférieur, sans préjuger des remaniements plus importants vraisemblables au Sud-Ouest. *Ainsi apparaît dans cette région l'existence d'une lacune stratigraphique correspondant à une grande partie du Bathonien.* Cette lacune est plus importante encore dans la région de Saint-Blin-Andelot, puisque l'on voit ce Callovien reposer directement sur le Bajocien supérieur; très rapidement en allant vers le Nord, la série redevient plus complète, et peut-être même normale, près de Neufchâteau.

Variations de faciès, d'épaisseurs, émersions, transgressions, mouvements épirogéniques, expliquent le caractère spécial du profil énuméré en tête de ces lignes.

Pour terminer, je signalerai que le brusque changement de la morphologie de la cuesta au Sud-Ouest de Neufchâteau, si différente des Côtes du Toulois, trouve maintenant dans ces faits une explication naturelle et les justifie également pour sa part.

OCÉANOGRAPHIE. — *Différences des coefficients d'absorption de l'eau pure et de l'eau de mer, prévues par la théorie dans le domaine des rayons* X. Note de M. **Bernard Saint-Guily**, présentée par M. Pierre Jolibois.

On sait que l'absorption des rayons X est due essentiellement à deux phénomènes : l'effet photo-électrique et l'effet Compton. Ces deux effets étant purement « atomiques », on peut obtenir simplement le coefficient d'absorption d'un corps composé en additionnant les coefficients d'absorption partiels dus aux divers ensembles d'atomes de même numéro atomique.

On a effectué les calculs pour l'eau de mer en tenant compte seulement du chlore et du sodium, les autres constituants n'intervenant pas à la précision cherchée. Les formules utilisées sont celles de Stobbe, Sauter et Hall pour l'effet photo-électrique, et celle de Klein et Nishina pour l'effet Compton (¹).

D'après les résultats (*voir* le tableau), le coefficient d'absorption de l'eau de mer doit être environ une fois et demie celui de l'eau pure dans une région comprise entre $\nu_1 = 6,83.10^{18}$ qui est la fréquence seuil du chlore pour la couche K et $\nu_2 = 1,00.10^{19}$ fréquence pour laquelle l'effet Compton devient prépondérant; ceci provient du fait que le coefficient d'absorption photo-électrique est proportionnel à la cinquième puissance du numéro atomique.

Pour des fréquences X inférieures ou supérieures et pour les rayons γ, l'eau pure et l'eau de mer ont pratiquement le même coefficient d'absorption.

Il serait intéressant d'avoir sur ce sujet une confirmation expérimentale, car, à notre connaissance, il n'existe pas de mesures pour l'eau de mer.

(¹) W. Heitler, *The quantum theory of radiation*, Oxford, 1936.

Longueur d'onde (Å).	Fréquence ν.	$\frac{h\nu}{mc^2}$.	Coefficient calculé pour l'eau de mer (cm⁻¹).	Coefficient calculé pour l'eau pure (cm⁻¹).	Coefficient observé (²) pour l'eau pure (cm⁻¹).
23,3	$1,28.10^{17}$	$1,03.10^{-3}$	$4,00.10^{4}$	$4,04.10^{4}$	–
12,1	2,48 »	2,00 »	$6,43.10^{3}$	$6,50.10^{3}$	–
11,55	2,61 »	2,11 »	5,89 »	5,61 »	–
4,85	6,19 »	5,00 »	$4,66.10^{2}$	$4,40.10^{2}$	–
4,39	6,83 »	5,52 »	4,48 »	3,25 »	–
2,42	$1,24.10^{18}$	$1,00.10^{-2}$	74,6	51,6	–
1,54	1,95 »	1,57 »	18,1	12,1	9,00
1,21	2,48 »	2,00 »	9,51	5,80	–
0,977	3,06 »	2,47 »	4,50	2,97	2,52
0,709	4,23 »	3,42 »	1,69	1,15	1,08
0,500	6,00 »	4,85 »	$6,81.10^{-1}$	$5,03.10^{-1}$	$5,00.10^{-1}$
0,485	6,19 »	5,00 »	6,35 »	4,74 »	–
0,242	$1,24.10^{19}$	$1,00.10^{-1}$	2,30 »	2,13 »	2,23 »
0,121	2,48 »	2,00 »	1,65 »	1,64 »	–
0,100	3,00 »	2,42 »	1,55 »	1,54 »	1,67 »

PHYSIOLOGIE VÉGÉTALE. — *Action des variations quotidiennes de température sur le métabolisme glucidique et le cycle de développement de la Betterave cultivée à haute altitude.* Note de M. **Georges Lascombes**, présentée par M. Raoul Combes.

En altitude, la migration des glucides se trouve freinée par l'abaissement nocturne de la température. Les modifications du métabolisme qui en résultent sont susceptibles d'expliquer les changements du cycle de développement des plantes de plaine transportées en haute montagne.

Les expériences de R. Combes et de M.-T. Gertrude (1939) ont précisé le mécanisme des effets, observés par G. Bonnier (1898), de l'alternance des basses températures nocturnes et des hautes températures diurnes sur la forme des végétaux dont ils provoquent le nanisme. Elles ont démontré que ces variations de température augmentent l'accumulation des glucides dans les tissus comme le fait le climat alpin. Des résultats analogues ont été signalés en 1943 par G. Nétien. Cet enrichissement en glucides solubles semble devoir être attribué au ralentissement sous l'effet du froid des migrations des substances organiques comme l'ont prouvé les expériences de Curtis et Herty (1936).

Il nous a paru intéressant de vérifier s'il en était bien ainsi dans les conditions du milieu naturel en expérimentant sur des plantes cultivées simultanément en plaine et en haute montagne.

(²) N. E. Dorsey, *Properties of ordinary water-substance*, 1940, New-York.

Nos recherches ont porté sur la Betterave dont la maison Vilmorin nous a fourni une variété demi-sucrière (Géante blanche) aussi homogène que possible. Cette espèce bien connue du point de vue des migrations depuis les travaux de H. Colin, A. Willam (1945) et E. Bougy (1951), s'est révélée particulièrement intéressante par le nanisme, l'absence presque complète de tubérisation, les modifications du cycle de développement des individus cultivés à haute altitude.

Les plants ont été repiqués dans le Jardin botanique de Toulouse (140 m) et dans le Jardin alpin de l'Observatoire du Pic du Midi de Bigorre (2 850 m). Une méthode de microdosage nous a permis de doser les glucides solubles à différents niveaux de l'appareil végétatif et de suivre le sort d'une partie des produits du métabolisme glucidique. Les résultats de ces dosages sont présentés, sous forme de moyennes, dans le tableau ci-dessous.

Glucides (quantitité % du poids frais).	Limbe.				Sommet du pétiole.				Base du pétiole.			
	Pic.		Toulouse.		Pic.		Toulouse.		Pic.		Toulouse.	
	Soir.	Matin.	Soir.	Matin.	Soir.	Matin.	Soir.	Matin.	Soir.	Matin.	Soir.	Matin.
Glucides totaux...	1,28	1,29	0,66	0,38	2,52	2,38	2,88	2,69	3,63	3,39	2,56	2,42
Oses............	0,82	0,98	0,6	0,34	1,93	2,16	2,45	2,40	2,98	2,86	1,97	1,84
Saccharose.......	0,46	0,31	0,06	0,04	0,59	0,22	0,43	0,29	0,65	0,53	0,59	0,58

Ces chiffres appellent un certain nombre de remarques.

La teneur en glucides solubles est plus élevée chez les échantillons de haute altitude. Ceci, joint à la faible valeur de leur coefficient d'hydratation, dénote une concentration du suc cellullaire très supérieure à celle des sujets de plaine. En relation avec ce fait, il faut noter une augmentation sensible du pourcentage en saccharose des limbes de montagne (36 %) par rapport aux limbes de plaine (10 %).

D'autre part, en comparant la teneur en glucides solubles du limbe à celle de la base du pétiole ramenée à 100, ont fait apparaître un enrichissement des limbes de montagne pendant la nuit (35 % le soir, 38 % le matin) et un appauvrissement, durant le même temps, des limbes de plaine (26 % et 16 % respectivement). Cela ne peut s'expliquer que par une différence dans les vitesses de migration le long du pétiole comme le montre la comparaison des teneurs en glucides solubles du sommet et de la base de cet organe : le gradient de migration est positif (2,88 % — 2,56 %) chez les individus de plaine, négatif (2,52 % — 3,63 %) chez les individus de montagne. Le ralentissement des migrations apparaît avec encore plus de netteté si l'on considère, suivant la conception de A. Willam (1945), que le saccharose représente chez la Betterave la forme de transport par excellence. Alors que, dans les échantillons de plaine, le pourcentage en saccharose ne cesse de croître depuis le limbe jusqu'à la base du pétiole (10 % limbe, 15 % sommet du pétiole, 23 % base du pétiole)

ce pourcentage décroît régulièrement dans les échantillons d'altitude et devient respectivement (36 %, 24 %, 18 %). Il en résulte, en plaine un appauvrissement des limbes au bénéfice des parties souterraines alors que, en altitude, se produit un enrichissement du limbe consécutif à un ralentissement des migrations et à l'hydrolyse partielle, durant la nuit, des glucides insolubles, accumulés pendant le jour. Ce faible apport glucidique est la raison pour laquelle la tubérisation des pieds de montagne est extrêmement limitée.

Ces observations nous ont conduit à réaliser un dispositif supprimant le refroidissement nocturne et permettant le réchauffement artificiel des individus cultivés à haute altitude. Dans ces conditions le développement et la tubérisation se sont trouvés considérablement améliorés comme l'indiquent les chiffres suivants :

	Plein vent en altitude.	Chassis chauffé la nuit.	Toulouse.
Poids frais du bouquet foliaire.	1,74 g	32,64 g	247 g
	Rapport 1,66	Rapport 1,35	Rapport 0,61
Poids frais du tubercule.......	1,05 g	24,12 g	400 g

Ces quelques faits tendent à montrer que, sous l'effet du froid nocturne, les migrations sont considérablement freinées chez les plantes cultivées en haute montagne. Il s'ensuit une accumulation des produits de la photosynthèse aboutissant à un encombrement des parties aériennes du végétal au détriment des parties souterraines. Cette insuffisance des réserves nutritives, aggravée par la brièveté de la période de végétation, paraît être la raison pour laquelle la floraison et la fructification n'ont pas lieu chez la Betterave cultivée à haute altitude durant la deuxième année de végétation.

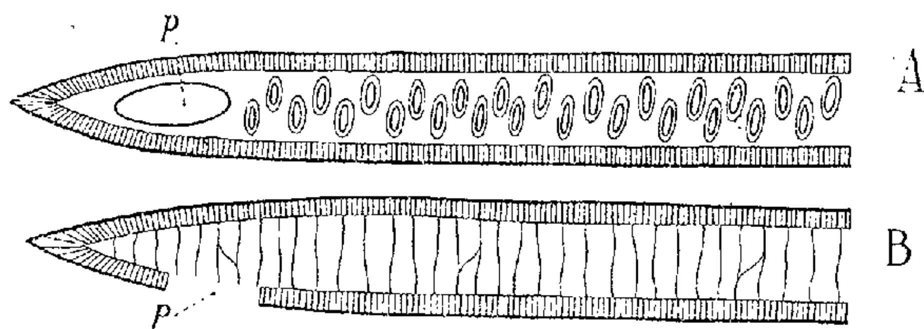
HISTOLOGIE VÉGÉTALE. — *Trachéides à face interne striée dans le bois de deux Ombellifères Apioïdées à port arbustif.* Note de M. **Robert Lemesle**, présentée par M. René Souèges.

Dans le bois des tiges du *Bupleurum fruticosum* et de l'*Heteromorpha glauca*, existent des trachéides aréolées, munies d'épaississements sclérifiés sur la face interne. Chez le *Bupleurum*, les aréoles étirées transversalement se rapprochent du type scalariforme. Les trachéides de l'*Heteromorpha* se distinguent par la fréquence des aréoles circulaires. Des caractères aussi archaïques ne peuvent s'expliquer, chez les Ombellifères, que par un processus de surévolution.

Chez certaines espèces d'Ombellifères, à port arbustif, le cylindre ligneux se montre fort riche en fibres; la présente Note a pour but de préciser la nature de ces éléments.

Nous décrirons d'abord la tige âgée du *Bupleurum fruticosum* L., xérophyte subméditerranéen. Le bois secondaire est divisé en secteurs par des rayons médullaires 1 ou 2-sériés, à cellules allongées; de plus, il présente une alternance de zones concentriques :

les unes surtout vasculaires, les autres d'un diamètre très supérieur, formées en majeure partie de fibres avec quelques vaisseaux isolés ou groupés en petits amas. Dans ces dernières zones, ce sont les fibres libriformes qui prédominent; elles se montrent légèrement flexueuses, à extrémités effilées, leur longueur varie le plus souvent de 300 à 450 μ sur un diamètre de 8 à 15 μ. Ce xylème renferme aussi des amas de trachéides à ponctuations aréolées dont la longueur peut s'élever jusqu'à 400 μ sur 12 à 15 μ de largeur; il en existe



Portion de trachéide de *Bupleurum fruticosum*. — Figures schématiques montrant en A la disposition des ponctuations aréolées, en B les épaississements de la face interne; *p*, perforation.

toutefois qui ne dépassent guère 150 μ sur 8 à 10 μ. Leurs faces sont munies d'aréoles étirées transversalement ainsi que leurs fentes, et disposées ordinairement en deux rangées alternantes. Ces faces présentent, d'autre part, des épaississements sclérifiés annulaires, plus rarement spiralés, avec quelques anastomoses. Enfin la paroi de ces trachéides est percée de perforations ovales ou oblongues (au maximum $18 \times 8\,\mu$) situées plus ou moins à proximité de chaque extrémité. Leur cavité est parfois divisée en deux ou trois compartiments par de minces septa.

Examinons le bois de l'*Heteromorpha glauca* Engl., originaire du Transvaal. Ici encore les fibres libriformes constituent les éléments prépondérants (270 à 300 μ sur une largeur de 8 à 11 μ). Mais on voit aussi des trachéides de 200 à 340 μ de longueur sur un calibre de 10 à 14 μ; leurs faces sont munies de ponctuations aréolées parfois elliptiques ($9 \times 6\,\mu$) avec ouvertures de même forme; bien plus souvent, les aréoles ainsi que leurs ouvertures se montrent nettement circulaires, d'un diamètre de 5 à 7 μ. Ces ponctuations, très rapprochées, sont disposées tantôt en une seule file, tantôt en deux rangées alternantes. Les faces internes de ces trachéides présentent de minces spirales lignifiées, à tours serrés; ces spirales d'épaississements, en s'entrecroisant, forment quelquefois un fin réticulum. Enfin les cavités communiquent entre elles par des perforations ovoïdes ou elliptiques (trachéides ouvertes).

Ces recherches nous amènent à mettre en évidence une diversité marquée dans la nature des fibres ligneuses des Ombellifères frutescentes. Nous avons déjà observé chez certaines Hydrocotyloïdées ([1]), l'existence de trachéides à ponctuations aréolées; leur face interne se montrait toujours lisse. Chez les deux espèces décrites aujourd'hui, les trachéides se distinguent par la striation de leur face interne. Dans le bois du *Bupleurum fruticosum*, ce sont des trachéides à épaississements souvent annelés, et dont les aréoles, par leur étirement, se rapprochent du type scalariforme.

Ce caractère structural, d'apparence primitive, doit être considéré ici

([1]) *Comptes rendus*, 233, 1951, p. 811.

comme surévolué; il coïncide avec la surévolution foliaire mentionnée par H. Gaussen (2). Chez l'*Heteromorpha glauca*, les trachéides se font remarquer par leur face interne munie d'épaississements spiralés ou spiraloréticulés et surtout par la fréquence de leurs ponctuations aréolées circulaires; elles appartiennent à ce type fort rare chez les Dicotylédones, vu par nous dans le bois du *Calycanthus*, où elles révèlent un degré d'archaïsme accentué (3). Dans les Ombellifères, qui occupent le sommet de l'échelle des Dialypétales, une telle particularité ne peut s'expliquer que par un processus de surévolution.

PHYSIOLOGIE. — *Analyse d'un électroencéphalogramme par la méthode Labrouste*. Note de Mme **Yvonne Labrouste** et M. **Benjamin Bladier**, transmise par M. Gustave Ribaud.

On a analysé par la méthode Labrouste (1) un fragment d'électroencéphalogramme, obtenu avec un appareil à bruit de fond réduit (2) et prélevé sur un train d'ondes (fuseau) α de 18 oscillations. Ce diagramme, fourni par un sujet humain sain, a été obtenu en dérivation bi-occipitale.

Les partiels obtenus présentent des fluctuations apparentes de fréquence aux extrémités des trains, ce qui peut être dû, aussi bien qu'à une véritable modulation, au raccord de deux trains déphasés l'un par rapport à l'autre. La valeur maximum de ces fluctuations est indiquée dans le tableau.

Une étude plus poussée est en cours, qui s'attachera à déterminer avec précision l'uniformité du déroulement, dont de petites irrégularités éventuelles auraient pu réagir sur les fluctuations calculées.

Les résultats de l'analyse (*figure*) sont résumés dans le tableau ci-après :

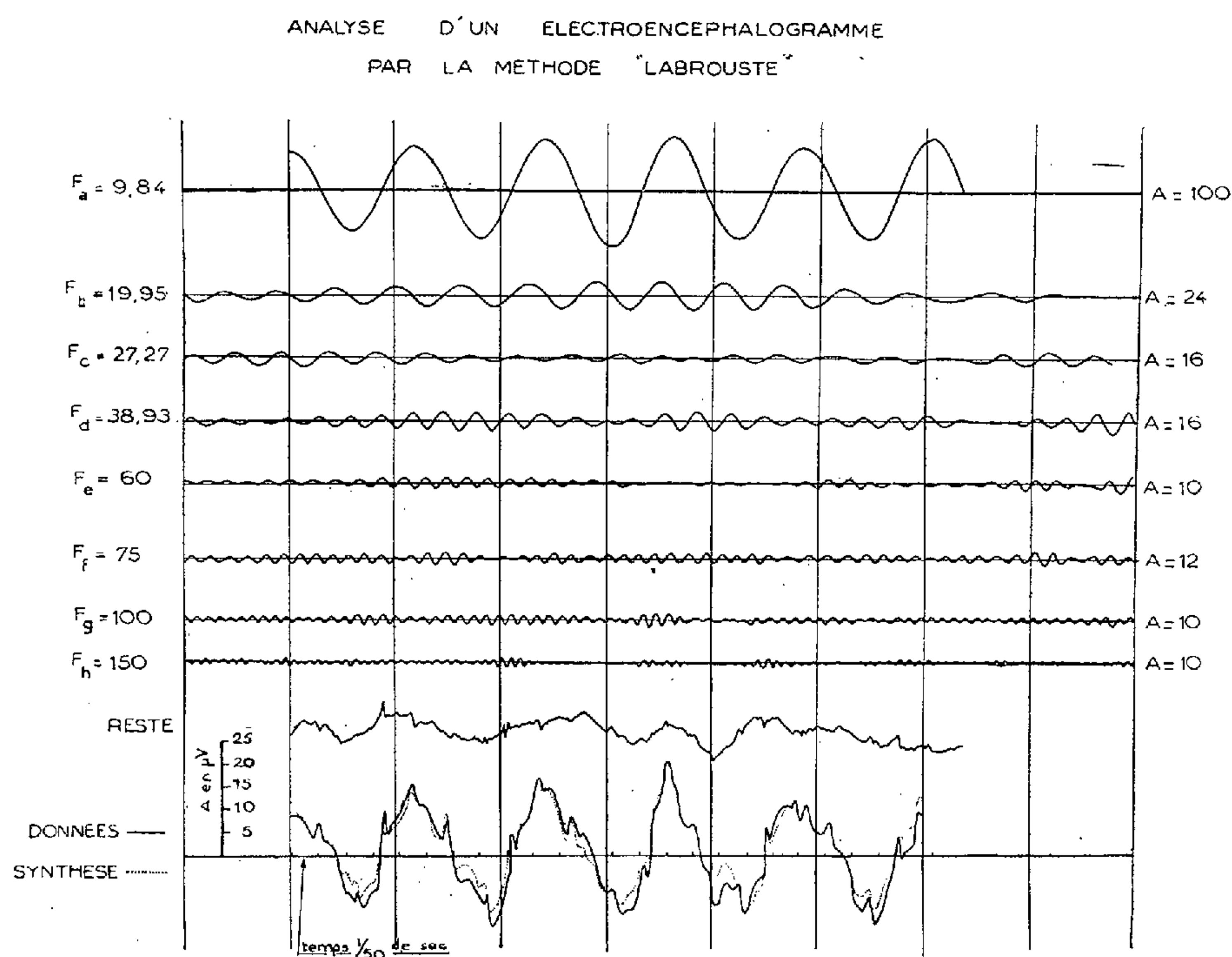
Fréquence des partiels (hertz).	Période (seconde).	Fluctuation de fréquence en % vers l'extrémité des trains d'onde.	Amplitude maximum (%).	Amplitude maximum (μV).
$F_a =$ 9,84	0,102	3,3	100	22,5
$F_b =$ 19,95	0,050	12,5	24	5,4
$F_c =$ 27,27	0,036	18	16	3,6
$F_d =$ 38,93	0,025	10	16	3,6
$F_e =$ 60	0,016	(*)	10	2,25
$F_f =$ 75	0,013	(*)	12	2,7
$F_g =$ 100	0,010	(*)	10	2,25
$F_h =$ 150	0,006	(*)	10	2,25

(*) Pour les composantes F_e à F_h la précision n'est plus suffisante pour pouvoir apprécier les fluctuations de leurs fréquences respectives.

(2) *Revue scientifique*, 1947, p. 275.
(3) *Rev. gén. Bot.*, 1947, p. 326.

(1) *Analyse des graphiques*, Presses Universitaires de France, 1943.
(2) B. Bladier, *Acustica*, **2**, n° 1, 1952; *C. R. S. I. M.*, Note n° 322, 1952.

On remarque une pseudofréquence dominante, $F_a = 9,84$ Hz, sensiblement sinusoïdale, avec une fluctuation de fréquence égale à 3,3 %. Son amplitude, nettement plus importante que celle de n'importe laquelle des composantes, atteint 22,5 μV. A noter des partiels respectivement assez voisins des harmoniques H_2, H_3, H_4, H_6, H_8, H_{10}, H_{15}. L'analyse n'a pas été poursuivie au delà de $F_h = 150$ Hz, malgré le reste relativement important.



Ces résultats ont été obtenus dans un repos mental et sensoriel complet, sur des ondes α, contrairement à ceux de Rohracher ([3]). Ils indiquent la présence de composantes de fréquences légèrement plus élevées que celles qui avaient été trouvées pour des sujets sains par Dietsch ([4]), Bertrand et Lacape ([5]) et Rohracher ([6]).

Comme le phénomène global, les partiels se présentent sous la forme de trains d'ondes. Ceux-ci, pour les différentes composantes, sont décalés de façon irrégulière les uns par rapport aux autres. Ils paraissent d'autant plus courts et d'autant plus resserrés que la fréquence est plus élevée. Pour une composante donnée, le nombre d'oscillations formant le train d'ondes est irrégulier. Ce

---

([3]) *Z. Psychologie*, **136**, 1935, p. 308 à 324.

([4]) *Pflügers Archiv. Physiol.*, **230**, 1932, p. 106 à 112.

([5]) *Théorie de l'électroencéphalogramme*, Paris, Doin, 1943.

([6]) *Pflügers Archiv. Physiologie*, **238**, 1937, p. 536 à 545.

dernier ne reste pas tout à fait constant et l'on observe des fluctuations qui, sur les enregistrements étudiés, semblent suggérer l'existence de rythmes. D'ailleurs la notion de train d'ondes est quelque peu subjective; les extinctions n'étant jamais parfaites, on peut évaluer la durée d'un train de façons différentes.

Eu égard aux fluctuations de la fréquence, le terme déphasage perd un peu de sa signification. Cependant, on constate que le partiel $F_b = 19,95$ Hz présente à environ $\pm 10°$ près un déphasage constant par rapport à $F_a = 9,84$ Hz; pour les autres partiels, à moins qu'il ne s'agisse de causes rythmées, les déphasages semblent suivre les lois du hasard.

HISTOPHYSIOLOGIE. — *Sur l'existence d'un cycle sécrétoire dans la glande du sinus (organe pseudofrontal) chez* Oniscus asellus *L.* Note de M. **Manfred Gabe**, présentée par M. Louis Fage.

L'organe pseudofrontal d'*Oniscus asellus* contient deux produits de sécrétion; l'un d'entre eux, cyanophile et Hotchkiss-positif, augmente d'abondance durant le stade préparatoire à la mue; l'autre, acidophile et Hotchkiss-négatif, diminue progressivement à l'approche de la mue.

Depuis leur découverte par Hanström [1], [2], la glande du sinus et l'organe X des Crustacés eucarides et hoplocarides ont fait l'objet de nombreux travaux, tant anatomiques que physiologiques. Nos connaissances sur ces organes chez les Crustacés péracarides sont beaucoup plus sommaires et les divers travaux ne comportent, en particulier, que très peu d'indications relatives aux Oniscoïdes.

Gräber [3] décrit, chez *Oniscus asellus* L., *Porcellio scaber* Latr. et *Armadillidium cinereum* Brdt., une formation située ventralement et latéralement par rapport aux lobes optiques; il propose de la désigner sous le nom d'organe pseudofrontal. Walker [4], Stöhl [5] et Hanström [6] considèrent cet organe comme étant une glande du sinus et le dernier de ces auteurs souligne l'absence d'organe X chez les Tanaïdacés, les Isopodes et les Amphipodes.

Des recherches sur les glandes céphaliques des Crustacés péracarides, actuellement en cours, m'ont permis de déceler la présence d'un organe X

---

(1) *Psychiatr. Neurol. Bl.*, Amsterdam, 3-4, 1934, p. 405.

(2) *Kungl. Svenska Vetenskapsakad. Handl.*, (3), 16, 1937, p. 1.

(3) *Z. Morphol. Okol. Tiere*, 26, 1933, p. 334.

(4) *J. comp. Neurology*, 62, 1935, p. 405.

(5) *Kungl. Fysiogr. Sällsk., Lund*, 49, 1937, p. 1,

(6) *Bull. biol. France-Belgique*, suppl., 33, 1948, p. 98.

chez neuf espèces d'Oniscoïdes, appartenant à la série ligienne de Vandel ([7]); j'ai pu, en outre, constater, chez *Oniscus asellus*, des traductions morphologiques très nettes d'un cycle sécrétoire dans l'organe pseudofrontal.

L'identification de l'organe X des Oniscoïdes est grandement facilitée par l'emploi de la réaction de Hotchkiss-Mac Manus, qui permet de déceler un composé glucidique dans l'organe de Hanström (organe X) des Crustacés décapodes ([8]). En effet, cette réaction est fortement positive dans une région située à la face ventrale et postérieure de la *medulla interna*; elle met en évidence une série de grains et de mottes dont les plus volumineuses mesurent 3 μ de diamètre. L'exploration méthodique de cette zone dans les préparations traitées par les méthodes générales permet de retrouver les mêmes structures, qui sont conservées par tous les fixateurs usuels. Ces grains, entre lesquels on trouve des noyaux semblables à ceux des cellules des lobes optiques, se colorent fortement par tous les colorants acides; ils sont cyanophiles après fixation au liquide de Bouin et coloration à l'Azan. Le glucide responsable de leur comportement à l'égard de la réaction de Hotchkiss-Mac Manus est différent du glycogène. L'organe X des Oniscoïdes est en relation intime avec le nerf qui relie l'organe pseudofrontal au protocérébron; le cheminement des grains cyanophiles le long de ce nerf, jusque dans l'organe pseudofrontal, peut être suivi avec la plus grande facilité sur les coupes sériées.

La glande du sinus, dont la position est conforme à la description de Gräber, contient, à côté des grains cyanophiles, de volumineux grains acidophiles, détruits par le chloroforme du fixateur de Carnoy, mais conservés par les autres fixateurs acides et alcooliques; ces grains acidophiles sont Hotchkiss-négatifs.

L'examen histologique d'animaux fixés aux différents stades du cycle d'intermue montre un cycle sécrétoire très net de l'organe pseudofrontal. A la période de stabilité physiologique [étape C de Drach ([9])], l'organe est entièrement rempli de grains acidophiles; on n'y trouve que de rares granules Hotchkiss-positifs. Durant la période préparatoire à la mue (étape D), l'abondance du produit oxyphile diminue progressivement; les grains cyanophiles et Hotchkiss-positifs sont nettement plus nombreux qu'au stade précédent. Chez les animaux fixés juste après la mue (étape A), l'organe ne contient que de très rares grains acidophiles; sa teinte générale est bleue après coloration à l'Azan. Cet état ne dure que quelques heures et la période de consolidation du nouveau tégument (étape B) est contemporaine d'une recharge en produit de sécrétion oxyphile; cette recharge

---

([7]) *Bull. biol. France-Belgique*, suppl., 30, 1943, p. 1.

([8]) M. Gabe, *Comptes rendus*, 235, 1952, p. 90.

([9]) *Thèse Doct. Sciences*, Paris, 1949.

débute à la périphérie de l'organe et progresse vers le « hile » où aboutit le nerf.

Malgré de grandes différences anatomiques, liées en premier lieu à la faible différenciation des centres optiques chez les Oniscoïdes, les formations endocrines céphaliques de ces Isopodes présentent donc les mêmes caractères fondamentaux que celles des autres Malacostracés. Les rapports intimes de l'organe X avec les centres optiques primaires sont conformes aux vues de Hanström, relatives aux liens phylogéniques de cet organe avec la papille oculaire. La présence d'un glucide Hotchkiss-positif dans l'organe X des Oniscoïdes correspond à l'abondance d'un composé de même type dans l'organe de Hanström des Décapodes (8); quant au cheminement du produit de sécrétion le long du nerf de l'organe pseudofrontal et jusque dans cet organe, il y a lieu de rappeler que tous les auteurs actuels rangent l'organe de Hanström des Décapodes parmi les formations neuro-sécrétrices.

La dualité du produit de sécrétion de l'organe pseudofrontal est à rapprocher d'une particularité analogue de la glande du sinus, que j'ai pu mettre en évidence chez 15 espèces de Crustacés décapodes; les produits de sécrétion ont des affinités tinctoriales et des particularités histochimiques identiques dans les deux cas.

Il existe, enfin, un cycle sécrétoire très net dans l'organe pseudofrontal d'*Oniscus asellus*, cycle dont les stades correspondent aux différentes étapes de l'intermue; les variations d'aspect de l'organe pseudofrontal, qui rappellent celles que Pyle (10) a signalées dans la glande du sinus chez *Homarus americanus*, pourraient traduire une intervention de l'organe pseudofrontal dans les phénomènes physiologiques dont l'ensemble est désigné sous le nom de cycle d'intermue.

CYTOLOGIE EXPÉRIMENTALE. — *Nouvelle méthode d'isolement des noyaux cellulaires* (1). Note (*) de M. **Jean Chauveau**, présentée par M. Pierre-P. Grassé.

L'utilisation d'un milieu de densité élevée (1,28) permet à l'auteur de sédimenter sélectivement la totalité des noyaux d'un homogénéisat de tissu, par une centrifugation unique. La solution très concentrée de saccharose (2,2 M) utilisée n'altère pas la morphologie des structures.

---

(10) *Biol. Bull., Woods Hole*, 85, 1943, p. 87.

(*) Séance du 13 octobre 1952.

(1) Ce travail a fait l'objet d'une communication au IIe Congrès international de Biochimie (Paris, juillet 1952) dont seul le résumé, remis en mars 1952 au Secrétariat, a été publié. Depuis, nous avons eu connaissance d'une brève note de R. Krakaur et coll. exposant le même principe de séparation (*Cancer Research*, avril 1952).

Les nombreuses méthodes d'isolement des noyaux cellulaires proposées (Marshak, Dounce, Hogeboom, Mirsky, etc.) utilisent un milieu de dispersion dont la concentration s'écarte peu de l'isotonie et dont, par conséquent la faible densité nécessite l'application de la méthode des centrifugations différentielles, le plus souvent après acidification de ce milieu. Or, le principe même de la méthode des centrifugations différentielles, c'est-à-dire l'utilisation des différences de vitesses de sédimentation entre particules ne permet pas, théoriquement, une séparation totale, puisque toutes les particules au cours d'une centrifugation se déplacent dans le même sens. Ce n'est qu'en multipliant les centrifugations que l'on parvient généralement à un isolement satisfaisant.

Par contre l'utilisation des différences de densité existant entre les particules permet cette séparation totale puisque seules les particules dont la densité est supérieure à celle du milieu sédimentent au cours d'une centrifugation, les autres se déplaçant en sens inverse. Une seule centrifugation suffit donc à séparer les particules les plus denses si l'on a choisi convenablement la densité du milieu.

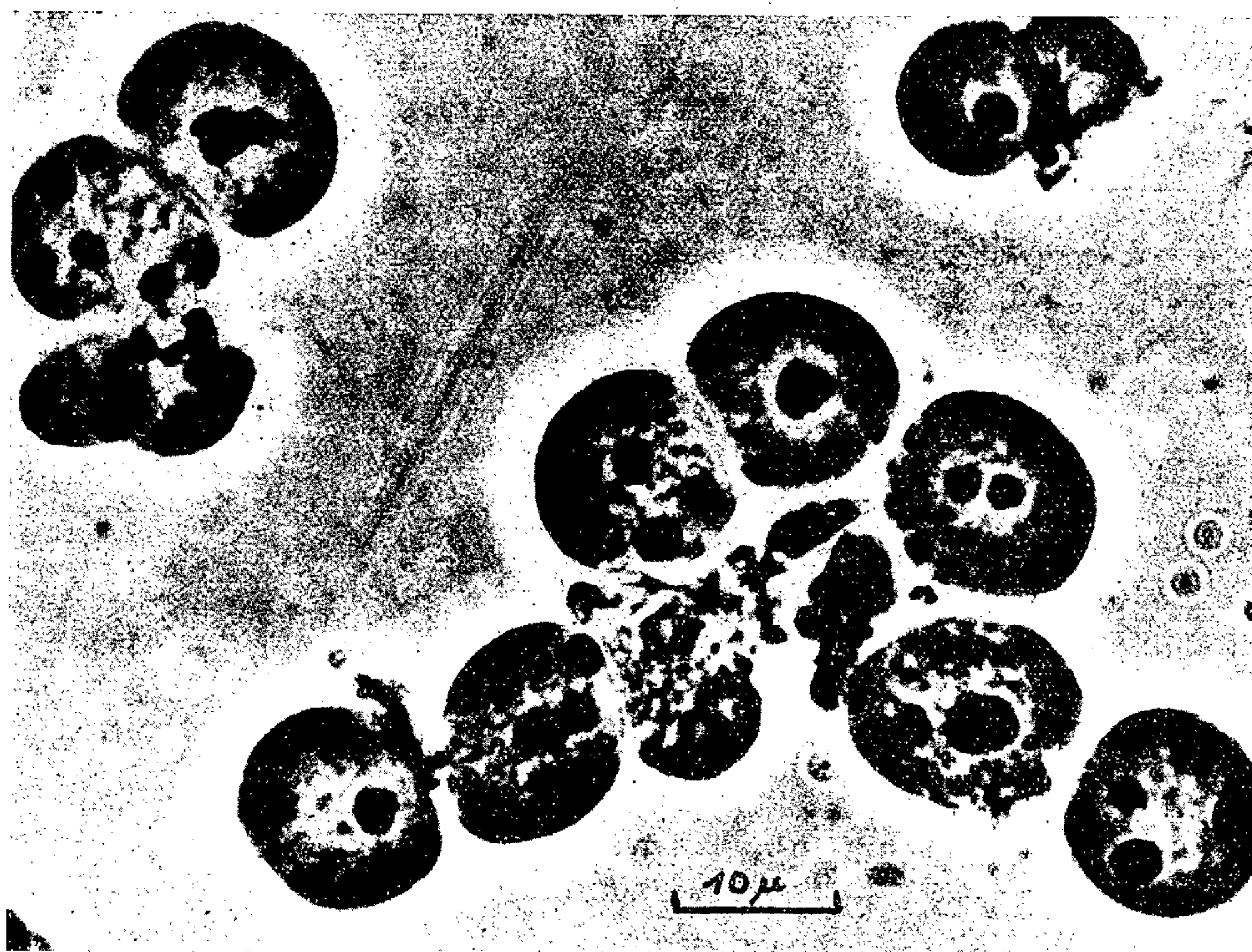
L'application de ce principe à l'isolement des noyaux cellulaires, nous a retenu en premier lieu. En effet, l'obtention de noyaux intacts, exempts de toute impureté, n'est pas résolue de façon satisfaisante par les méthodes de centrifugations différentielles; elle permettrait une étude morphologique détaillée et l'établissement d'une biochimie quantitative de cette structure importante.

Dans un homogénéisat de tissu, la densité des noyaux est notablement supérieure à celle des autres structures (mitochondries, microsomes) et à celle des cellules intactes notamment conjonctives, qu'il importe d'écarter. Il nous fallait trouver un milieu de dispersion de densité suffisamment élevée, n'altérant pas les structures cellulaires. Les solutions très concentrées de saccharose répondent exactement à ce but car entre 0,88 et 2,5 M nous n'avons pas observé d'altération morphologique visible au contraste de phase soit des mitochondries soit des noyaux.

Mode opératoire. — Toutes les manipulations étant effectuées à 0°, le tissu est homogénéisé dans 20 volumes de saccharose 2,2 M ($d = 1,28$) et l'homogénéisat est centrifugé 1 h à 40 000 g. La *totalité* des noyaux se rassemble en un culot ayant l'aspect d'une gelée incolore; les débris de tissu conjonctif, les cellules éventuellement présentes et les mitochondries se rassemblent en surface.

Remis en suspension dans le saccharose 2,2 M les noyaux se dispersent aisément rendant leur numération facile. Leur conservation à 0° est excellente : au bout d'un mois, ils ne présentent encore aucune altération notable.

Nous donnons ci-après les résultats des premières analyses effectuées sur des noyaux de foie de Rat. Les teneurs en protéines et en acides



Noyaux isolés de foie de Rat, en suspension dans le saccharose 2,2 M. Contraste de phase.

nucléiques (Schmidt et Thannhauser) sont rapportées à un noyau et sont les moyennes de huit déterminations.

Acide désoxyribonucléique (D. N. A.)	$6,9.10^{-9}$ mg
Acide ribonucléique (R. N. A.)	$1,4.10^{-9}$ mg
Protéines	$35,2.10^{-9}$ mg

d'où les rapports

$$\frac{\text{R. N. A.}}{\text{D. N. A.}} = 0,20 \quad \text{et} \quad \frac{\text{protéines}}{\text{D. N. A.}} = 5,10.$$

Cette technique mise au point sur le tissu hépatique du Rat normal a pu être appliquée sans modification à l'hépatome et au tissu rénal du Rat.

ZOOLOGIE. — *A propos du rôle des gastrolithes chez les Écrevisses.* Note de M. **Raoul Husson**, présentée par M. Pierre-P. Grassé.

Les recherches de Chantran (1870-1874) (1) et de Braun (1875) (2) avaient mis en évidence qu'au moment de la mue, les gastrolithes des Écrevisses sont rejetés dans la cavité de l'estomac où ils se dissolvent sous l'action des sucs gastriques, la matière calcaire dissoute étant employée à la consolidation du nouvel exosquelette.

A partir de cette époque les divers auteurs furent à peu près unanimes pour attribuer aux gastrolithes un rôle essentiel comme réserves calcaires destinées à faciliter après la mue le durcissement rapide de la nouvelle carapace, bien que Irwine et Woodhead (1888-1889) (3) aient fait remarquer que la réserve constituée par les gastrolithes ne représentait qu'une toute petite fraction du calcaire total amassé dans les téguments. Herrick (1895) (4) précisa que les gastrolithes se formeraient à la fin du cycle d'intermue à partir du calcaire libéré par les résorptions du squelette préparatrices de la mue prochaine.

Telle était l'interprétation généralement admise du rôle des gastrolithes quand survinrent, en mars 1935, les observations du suédois Nybelin (5) qui, comme l'écrit Drach en 1939 (6), « remettent en question l'utilisation des gastrolithes après la mue ».

Les élevages d'Écrevisses de cet auteur, installés en eau riche en calcaire dans les aquariums de la Station de recherches piscicoles de Drittningholm, furent suivis pendant deux étés successifs et auraient permis à Nybelin d'observer à plusieurs reprises que les Écrevisses au moment de la mue rejettent non seulement leur exuvie, mais aussi en même temps leurs gastrolithes qui, ainsi éliminés, ne pourraient nullement intervenir pour la consolidation de la nouvelle carapace. Il y aurait au moment de la mue chez l'Écrevisse élimination pure et simple d'un excès de calcaire provenant des parties de l'ancien exosquelette résorbées avant la mue.

Ayant en 1950 observé et établi d'une façon indiscutable (7) que les Crustacés Amphipodes du genre *Niphargus* éliminent des concrétions calcaires quelques jours avant la mue, j'avais été vivement intéressé par

(1) *Comptes rendus*, **71**, 1870, p. 43; **73**, 1871, p. 220; **78**, 1874, p. 655; **79**, 1874, p. 1230.

(2) *Arb. a. Zool. Inst. Würzburg*, Bd. **2**, p. 121.

(3) *Proc. Roy. Soc. Edimb.*, vol. for 1888-1889, p. 324.

(4) *Bull. U. S. Fish. comm.*, p. 1.

(5) *Svensk Fiskeri Tidskrift*, **44**, p. 67.

(6) *Ann. Inst. Océan.*, **19**, p. 103.

(7) *Ann. Sc. Nat. Zool.*, **12**, p. 309.

les observations de Nybelin sur les Écrevisses et j'avais tout naturellement fait le rapprochement entre ses *Astacus* et mes *Niphargus*. Nybelin annonçait d'ailleurs à la fin de son article d'autres recherches dont le résultat ne semble pas avoir été publié.

A la réflexion, les observations de Nybelin paraissent si étonnantes que l'on pouvait être tenté de revoir et de vérifier les résultats expérimentaux obtenus à Drottningholm.

Pour ce faire, je me suis adressé non seulement à des *Astacus* provenant du ruisseau de Saarhölzbach, près de Mettlach (Sarre), mais aussi à des *Cambarus* récoltés au lac d'Ilay, près de Saint-Laurent-du-Jura (Jura). Il était, en effet, nécessaire de s'adresser non seulement à des animaux vivant en eau pauvre en calcaire (Sarre), mais aussi à d'autres vivant en eau riche en calcaire (Jura), car l'auteur suédois expérimentait en eau calcaire et, de plus, signalait à la fin de son travail qu'il était possible que dans des eaux pauvres en calcaire, les Écrevisses aient besoin de recourir aux gastrolithes comme réserves pour la minéralisation de la nouvelle carapace.

Aussi bien pour les *Astacus* que pour les *Cambarus*, dont j'ai pu observer la mue au laboratoire, je n'ai jamais constaté d'élimination des gastrolithes au moment de la mue.

D'autre part, en examinant ces deux sortes de Crustacés après la mue, j'ai pu constater une décroissance rapide des gastrolithes qui sont lentement résorbés; plus on s'éloigne de la date de la mue, plus les gastrolithes sont petits. Il est d'ailleurs plus exact de comparer non les poids des gastrolithes mais les rapports du poids des gastrolithes au poids du corps de l'animal (gastrolithes déduits) comme l'on peut s'en rendre compte dans le tableau suivant se rapportant aux *Astacus* (*A. torrentium* Schrank).

Sexe.	Longueur origine (telson à extrémité rostre).	Poids du crustacé.	Poids des gastrolithes.	Stade.	$\frac{\text{Poids gastrol.}}{\text{Poids du corps}} \times 100$.
♀	36	1,825	0,087	Immédiat. après la mue	5,00
♂	39	2,518	0,114	3 h après	4,74
♂	58	10,231	0,458	3 h	4,68
♂	61	11,004	0,442	8 h	4,18
♂	57	10,510	0,330	24 h	3,24
♀	55	8,034	0,189	48 h	2,41
♀	61	15,636	0,195	60 h	1,26
♂	45	4,401	0,045	48 h	1,03
♀	50	5,410	0,052	60 h	0,97
♀	57	8,958	0,071	4 jours	0,79
♂	67	15,885	0,068	20 »	0,43
♂	65	15,561	0,000	24 »	–

Ainsi donc, on peut affirmer qu'aussi bien pour les Écrevisses des eaux riches en calcaire que pour celles des eaux pauvres en calcaire, les résultats expérimentaux de Nybelin n'ont pu être confirmés par nos observations qui, au contraire, s'accordent parfaitement avec celles de Chantran, sur lesquelles était fondée la conception classique du rôle des gastrolithes comme réserves de calcaire d'appoint pour la première consolidation après la mue du nouvel exosquelette.

ENTOMOLOGIE. — *Sur la possibilité de transmission de virus par le Phylloxéra de la Vigne.* Note de M. **Pierre Maillet**, présentée par M. Pierre-P. Grassé.

Au cours de nos recherches sur la biologie du Phylloxéra, nous avons été amené à nous pencher sur un problème encore fort controversé qui est celui de la transmission de virus par le Phylloxéra et, en particulier, du virus de la dégénérescence infectieuse de la Vigne.

Diverses expériences ont déjà été faites à ce sujet en France et ailleurs, mais aucune n'a apporté de preuves décisives en ce domaine.

L'essai suivant a été effectué à la Station Biologique des Eyzies : 10 plants d'un clône de *Rupestris* du Lot, âgé de deux ans, indemne de Phylloxéra, provenant des pépinières de l'École Nationale d'Agriculture de Montpellier furent séparés en deux lots, placés en pots, dans la même terre et subirent tout au long de la saison les mêmes façons culturales (taille, arrosage, binage, etc.).

Le premier lot (pots 1 à 5) ne subit aucun apport phylloxérique artificiel.

Le deuxième lot (pots 6 à 10) eut un premier apport le 20 juin sous forme de feuilles chargées de nombreuses galles de troisième génération, prélevées sur plants hybrides 6905 et 7053 atteints à la fois de Phylloxéra et de dégénérescence infectieuse très nette (symptômes foliaires typiques, nombreux cordons endocellulaires présents dans les rameaux, etc.).

Le 8 juillet, nouvel apport de galles phylloxériques sauf pour le pot n° 10.

Au début d'août, un examen des deux lots révèle déjà une différence très nette. De nombreuses feuilles des plants contaminés présentent des décolorations partielles du limbe, d'un jaune foncé, en général près des nervures. La ligne de décoloration est nette et le plus souvent la tache est allongée près de la nervure centrale.

Le 15 août, nous constatons que ces premières décolorations se terminent par une nécrose du limbe, nécrose allant jusqu'à la perforation totale de la partie décolorée.

Au début de septembre, le phénomène va en s'accentuant de la décoloration à la nécrose, puis à la perforation; le nombre des feuilles touchées

reste à peu près constant malgré une nouvelle poussée foliaire consécutive à de fortes pluies.

	15 août.		8 septembre.	
	Plages de décoloration.	Nécrose partielle.	Plages de décoloration.	Nécrose partielle.
Pot 6	6	16	5	18
» 7	5	22	3	28
» 8	8	6	7	8
» 9	7	12	3	16
» 10	1	0	2	0

Dans les pots témoins, nous décelons à la même date une feuille du pot 1 et une feuille du pot 5 qui présentent des symptômes à peu près identiques.

Comparée aux résultats obtenus avec les lots contaminés, la probabilité d'une action novice du Phylloxéra est de $P < 0,01$, i.e. très significative. Ce premier essai, amorce seulement de travaux ultérieurs, permet déjà les considérations suivantes :

1° On constate une corrélation très significative entre l'action du Phylloxéra et la présence de la virose.

2° Cette virose n'a pas jusqu'à présent les caractères typiques de la dégénérescence infectieuse. Mais il peut s'agir de lésions primaires qui, à la prochaine végétation, seront suivies des symptômes habituels de la maladie.

BIOLOGIE. — *Déterminisme du sexe et parthénogenèse facultative chez* Dinophilus apatris *Korsch.* Note de Mlle **Jeanne Renaud**, présentée par M. Maurice Caullery.

Pour vérifier l'hypothèse d'une parthénogenèse chez *Dinophilus*, de Beauchamp (1910, 1912, 1917) et Shearer (1912) ont isolé expérimentalement des femelles vierges et ont constaté qu'elles devenaient « géantes », que leurs pontes étaient retardées, mais que les œufs parthénogénétiques ne présentent toujours que des développements anormaux et abortifs. Avec Nachtsheim (1920), ils nient ainsi l'intervention d'une parthénogenèse dans le cycle de *Dinophilus*.

J'ai repris ces recherches sur *Dinophilus apatris* Korsch. Quelques jours avant l'éclosion, les cocons sont dilacérés et les gros œufs, destinés à donner des femelles, sont isolés et cultivés. Leur développement se poursuit normalement à l'extérieur du cocon, mais, toutes conditions égales par ailleurs, les résultats ont été différents selon la saison.

Pendant l'hiver, les femelles ainsi isolées et écloses, parviennent à maturité génitale avec un retard de quatre à cinq jours sur les femelles

fécondées; à maturité, au lieu de décharger leurs œufs, elles poursuivent leur croissance jusqu'à atteindre une longueur double et un volume huit fois supérieur au volume normal, sans que ce gigantisme entraîne, en général, de malformations. Au bout d'un mois elles pondent un ou deux cocons contenant des œufs, tant mâles que femelles, qui tous avortent sans donner de larves.

Au printemps, au contraire, les femelles vierges ne présentent pas de gigantisme; leurs pontes ne présentent pas de retard notable; leurs cocons contiennent comme précédemment des œufs mâles et femelles dans les proportions habituelles, mais le développement de ces œufs n'est pas sensiblement plus long que celui des témoins. Le développement parthénogénétique de ces œufs est parfaitement normal. L'isolement rigoureux des femelles vierges a été poursuivi pendant quatre générations successives avec le même résultat, si ce n'est qu'à la dernière génération le pourcentage des éclosions a été réduit environ de moitié.

Conclusions. — 1° Le sexe de l'œuf, ou tout au moins le volume ovulaire significatif de sa polarisation sexuelle, est indépendant de la fécondation de la mère;

2° il existe, chez *Dinophilus apatris*, une parthénogenèse facultative deutérotoque;

3° cette parthénogenèse n'a pu être mise en évidence qu'au printemps.

RADIOBIOLOGIE. — *Les composantes de l'action léthale sur la Souris, du rayonnement total d'une pile à uranium.* Note (*) de MM. **André Ertaud** et **Paul Bonét-Maury**, présentée par M. Antoine Lacassagne.

L'évaluation par le calcul des diverses composantes du rayonnement d'une pile à uranium conduit à une valeur de la dose, en bon accord avec celle évaluée biologiquement d'après la survie moyenne des animaux placés en cage d'aluminium ou de cadmium.

Dans une Note précédente (1) nous avons étudié l'effet mortel du rayonnement total de la pile sur la Souris en caractérisant ce rayonnement complexe par le nombre de neutrons par centimètre carré au cours de l'exposition. Nous tentons ici de déterminer quelles sont les importances relatives des diverses composantes du rayonnement en considérant successivement les neutrons thermiques, les neutrons rapides, et le rayonnement gamma.

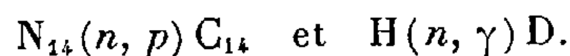
1. *Les neutrons thermiques.* — Le spectre de la distribution énergétique des neutrons de la pile de Châtillon, dans la région où se sont faites les irradiations

(*) Séance du 6 octobre 1952.

(1) P. Bonét-Maury et A. Ertaud, *Comptes rendus*, 235, 1952, p. 828.

de souris, est sensiblement maxwellien jusqu'à environ 0,44 eV avec une énergie la plus probable de 0,04 eV. A partir de 0,44 eV, on peut admettre que le flux des neutrons varie en raison inverse de leur énergie [2].

Les réactions à considérer sont



$$N_{14}(n, p)C_{14} \quad \text{et} \quad H(n, \gamma)D.$$

En admettant une absorption sur place des protons de la réaction $N(n, p)C$ et dans les conditions d'irradiation des animaux (flux thermique 10^{13} $n/cm^2/h$), on trouve que l'énergie absorbée par la Souris est de $8{,}8 . 10^4$ $erg/cm^3/h$ (soit environ 1 100 équivalents physiques du rœntgen (E. P. R.) en prenant 83 ergs pour cet équivalent).

Pour déterminer l'énergie absorbée par la Souris provenant de la réaction $H(n, \gamma)D$, on calcule d'abord la probabilité moyenne de sortie sans choc du photon de 2,18 MeV hors de la Souris en assimilant cette dernière à une sphère de 20 cm^3, et l'on admet que les photons restants ne peuvent subir qu'un choc dans la Souris (hypothèse justifiée par la dimension de la Souris devant le libre parcours moyen des photons.

On trouve ainsi que l'énergie absorbée provenant de la réaction (n, γ) sur l'hydrogène des tissus est de $3{,}9 . 10^3$ $ergs/cm^3/h$ (soit 480 E.P.R./h). Comme au cours des irradiations, les souris n'ont pas été séparées les unes des autres, chacune d'elle irradie ses voisines. Au total on estime à 900 E. P. R./h la dose provenant de la réaction $H(n, \gamma)D$.

2. *Les neutrons rapides.* — En supposant que la distribution du flux n'est pas perturbée par l'introduction des souris, on trouve $8{,}1 . 10^4$ $ergs/cm^3/h$, soit environ 1000 E. P. R.

3. *Le rayonnement* γ *de la pile.* — Des mesures faites à l'aide de films protégés contre les neutrons montrent que ce rayonnement équivaut à environ 6000 à 8000 R/h. On peut alors dresser le tableau de l'effet estimé des différentes composantes du rayonnement de la pile sur la Souris (dans les conditions expérimentales).

4. *La radioactivité induite.* — Dans cette estimation nous avons négligé la radioactivité induite par capture des neutrons par certains sels (principalement sels de K, Na, P et Ca). Les doses résultant de cette radioactivité sont faibles, de l'ordre de quelques centièmes des doses provenant des autres réactions nucléaires.

En résumé, pour un flux de $4 . 10^{13}$ n/cm^2, on aura

a. Effet des neutrons thermiques (réaction n, p : environ 1100 E. P. R.; réaction n, γ : environ 900 E. P. R.).

([2]) A. ERTAUD et R. BEAUGÉ, *J. Phys. Rad.*, 12, 1951, p. 580.

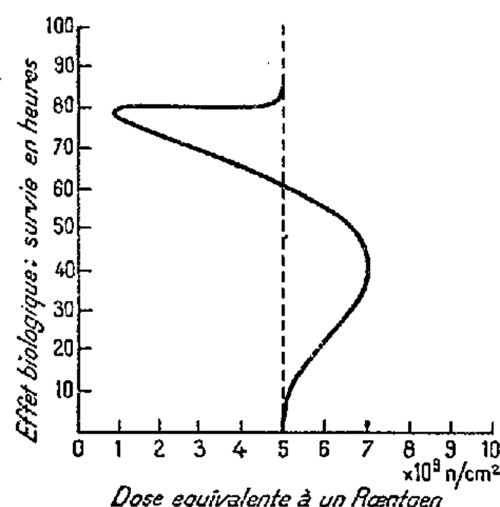
b. Effet des neutrons rapides : environ 1000 E. P. R.

c. Effet des rayonnements γ de la pile et de la boîte : environ 6 à 8000 E.P.R.

Soit un rayonnement total : environ 9 à 11000 E. P. R. ou *en moyenne* 10000 E. P. R.

EFFET D'UNE BOÎTE DE CADMIUM. — Lorsqu'on place les animaux dans une boîte de cadmium, les neutrons thermiques sont remplacés par des rayons γ de capture du cadmium, dont le spectre est connu ([3]), on peut sans grande erreur les assimiler à des photons de 3,5 à 4 MeV. La dose calculée due à ce rayonnement est d'environ 20000 rœntgen à l'heure. Les animaux reçoivent alors environ 28000 rœntgen au total.

La dose à laquelle sont soumis les animaux est donc, dans ce cas, supérieure d'un facteur 2,8 à celle qu'ils subissent dans une boîte d'aluminium.



Équivalence biologique des rayons X *et du rayonnement total de la pile*. — On peut, d'après la courbe de la figure de notre première Note ([1]), déterminer les doses de rayons X et de rayonnement total de la pile (exprimées en neutrons/cm²) qui donnent un effet biologique identique, c'est-à-dire une même survie moyenne (*figure*).

On constate que le rapport des doses ainsi déterminée varie avec l'effet observé ([4]) autour d'une valeur moyenne de 5.10^9 neutrons/cm² pour un rœntgen. Ce chiffre est en bon accord avec celui donné par Zirkle ([5]) et également avec la valeur calculée plus haut.

([3]) B. HAMERMESH, *Phys. Rev.*, 80, 1950, n° 3, p. 415.

([4]) Cette variation est un phénomène général en radiobiologie, et l'équivalence biologique de deux rayonnements n'a de sens que : 1° pour un effet biologique donné ; 2° pour une dose donnée. Il est pas possible de donner une équivalence biologique de deux rayonnements, valable pour tous les effets qu'ils peuvent produire et toutes les doses.

([5]) *Radiology*, septembre 1947, 49, p. 271.

PHYSICOCHIMIE BIOLOGIQUE. — *Sur un nouvel antibiotique, la Chlamydosporine, isolé d'un Fusarium.* Note (*) de MM. **Albert Faivre-Amiot, Hermon Darpoux** et **Louis Roux**, présentée par M. Jacques Tréfouël.

Au cours de nos recherches sur les antibiotiques, notre attention a été attirée par les insectes morts qui restent momifiés, bien que se trouvant placés dans des conditions particulièrement favorables de putréfaction.

Nous avons pensé que cette momification était due à l'installation à l'intérieur du corps de l'insecte de microorganismes capables de sécréter une ou plusieurs substances antimicrobiennes. C'est pourquoi plusieurs centaines d'isolements furent effectués, sur des larves et des adultes d'insectes appartenant à des genres différents. Parmi les microorganismes isolés, un champignon donnant un grand nombre de chlamydospores en culture et appartenant au genre *Fusarium* fut retenu à cause de ses propriétés inhibitrices « *in vitro* » vis-à-vis de nombreuses bactéries gram-positives, gram-négatives et des germes acido résistants. Ce *Fusarium* qui n'a pas encore été déterminé avec précision porte dans notre collection le n° MLF 1230.

Pour mettre en évidence l'action inhibitrice, nous avons déposé des fragments d'une culture de ce champignon sur des plaques de gélose nutritive préalablement ensemencées par un germe déterminé. Après 24 heures d'incubation à l'étuve à 37°C, avec certaines bactéries, nous avons obtenu autour des fragments de mycélium une zone d'inhibition bien nette qui pouvait s'agrandir les jours suivants lorsqu'il y avait lyse (ce qui était le cas pour le *Bacillus subtilis*). Cultivé en milieu liquide, le champignon donna des filtrats de culture qui montrèrent par la méthode de Heatley les mêmes propriétés inhibitrices. Du mycélium et du jus de culture, nous avons pu extraire un antibiotique hautement actif.

Ses propriétés physico-chimiques et son spectre biologique sont différents de ce qu'ils sont pour toutes les substances décrites dans les publications; nous pensons donc qu'il s'agit d'un antibiotique nouveau pour lequel nous proposons le nom de *Chlamydosporine*.

L'action *in vitro* sur différents germes a été étudiée à l'aide des fractions les plus actives obtenues par chromatographie. On a opéré en milieu liquide (eau peptonée glucosée à 2 °/₀₀ à raison de 5 ml par tube) selon la méthode des dilutions.

Chaque tube a été ensemencé avec une goutte d'une culture de 24 h (¹).

(*) Séance du 13 octobre 1952.

(¹) La sensibilité de *Mycobacterium tuberculosis* a été titrée en milieu de Dubos-Tween à raison de 5 ml de milieu par tube de 22. L'ensemencement est fait avec une goutte d'une culture de 5 jours sur Dubos-Tween diluée au 1/10. La lecture des résultats est faite après un séjour de 20 jours à l'étuve à 37° C.

Ci-dessous, nous donnons la quantité minimum de substance capable d'inhiber complètement un germe déterminé dans 1 cm³ de milieu, les résultats étant lus après un séjour de 24 h à l'étude à 37° C.

Agrobacterium tumefaciens : 50 µg/ml, *Bacillus antrhacis* 0,2 µg/ml, *B. mesentericus* 0,2 µg/ml, *B. mycoïdes* 0,4 µg/ml, *Brucella abortus bovis* 5 µg/ml, *Brucella abortus suis* 0,9 µg/ml, *Clostridium œdematiens* 2 µg/ml, *Cl. perfringens* 2 µg/ml, *Cl. putrificus* 2 µg/ml, *Cl. septicum* 2 µg/ml, *Cl. sporogenes* 2 µg/ml, *Corynebacterium diphteriæ* 1 µg/ml, *C. cutis commune* 1 µg/ml, *C. sepedonicum* 1 gµ/ml, *Micrococcus catharralis* 2 µg/ml, *Mycobacterium tuberculosis* (H 37 Rv) 7,5 à 10 µg/ml, *Mycobacterium phlei* 2 µg/ml, *Nesseria gonorrheæ* 10 µg/ml, *Nesseria intracellularis* 4 µg/ml, *Corynebacterium flaccumfaciens* 2 µg/ml, *Sarcina lutea* 1 µg/ml, *Staphylcoccus aureus* (Oxford) 0,3 µg/ml, *St. albus* 1 µg/ml, *Streptococcus hemolyticus* 2 µg/ml, *Streptococcus lactis* 4 µg/ml, *Sreptomyces griseus* 0,4 µg/ml, *Vibrio chloleræ* 5 µg/ml ([2]), *Xanthomanas malvacearum* 0,8 gµ/ml.

Cette énumération montre que l'action de la Chlamydosporine s'étend aussi bien aux germes gram-positifs que gram-négatifs, aux aérobies qu'aux anaérobies, que les actinomycètes y sont sensibles, en particulier les germes acido-résistants comme le *Bacille tuberculeux*. Par contre, à des concentrations élevées de l'ordre de 1000 µg/ml, elle se montre inactive, sur certains germes comme les *Pasteurella*, les *Proteus*, les *Salmonella*. Son action sur les champignons sera précisée ultérieurement.

Sur les animaux, des essais préliminaires ont montré que des souris de 20 g supportaient très bien une injection de 6 mg de *Chlamydosporine* par voie sous-cutanée, intra-veineuse ou intra-péritonéale. A un lot de quatre souris, nous avons injecté par voie sous-cutanée 6 mg d'antibiotique par souris pendant 6 jours sans provoquer leur mort.

Sur les plantes, aucun effet phytotoxique n'a été remarqué chez le *Tabac* et la *Tomate* par pulvérisation d'une solution à 2 000 µg/ml. De même une pommade à 1 % de Chlamydosporine appliquée sur la tige de ces plantes ne provoque aucune lésion.

La grande activité *in vitro* de la Chlamydosporine jointe à une toxicité relativement faible, permet d'espérer que cette substance pourra être utilisée en thérapeutique humaine et végétale, ou en technologie.

([2]) Les services de l'Institut Pasteur nous ont communiqué les germes ayant servi de test.

CHIMIE BIOLOGIQUE. — *Rôle de l'oxygène dans le déterminisme de la constitution enzymatique de la levure.* Note (*) de MM. **Piotr P. Slonimski** et **Herbert M. Hirsch**, transmise par M. Jacques Duclaux.

L'influence de l'oxygène sur la biosynthèse de 10 enzymes respiratoires a été étudiée. L'amplitude de variation d'un ferment donné est fonction de sa position dans le système du transfert d'électrons. La synthèse adaptative de ces ferments apparaît comme un processus en chaîne.

Il a été montré que la levure de boulangerie (*Saccharomyces cerevisiæ*) qui a proliféré en absence d'oxygène perd le pouvoir de respirer le sucre, mais conserve le pouvoir fermentaire. Elle perd en même temps les cytochromes *a*, *b*, et *c* et acquiert des constituants nouveaux, les cytochromes a_1 et b_1. Chez une telle levure la synthèse des cytochromes normaux peut être induite par l'oxygène, même en absence de multiplication cellulaire. Elle conduit au rétablissement de la capacité respiratoire [1]. Ces recherches ont été étendues à dix autres ferments d'oxydoréduction. Les déterminations des activités enzymatiques sont effectuées sur des broyats préparés à froid et dialysés. Ces broyats sont dépourvus de cellules intactes et contiennent entre 50 et 70 % des protéines cellulaires.

Les activités enzymatiques sont mesurées soit manométriquement, par la vitesse d'absorption de l'O_2 (enzyme 1); soit spectrophotométriquement : à 550 mμ, par la vitesse de réduction du cytochrome *c* oxydé (enzymes 2 à 5); à 240 mμ, par la vitesse d'accumulation des produits non saturés de la réaction (enzymes 6, 7); à 340 mμ, par la vitesse de réduction du diphosphopyridinenucléotide (D. P. N.) oxydé (enzyme 9), soit enfin par la vitesse de réduction du bleu de méthylène, en présence d'un excès de D. P. N. (enzymes 8 et 10). Dans tous les cas, les conditions du test ont été choisies de façon que la vitesse de la réaction soit limitée par la quantité d'enzyme.

Le fait le plus marquant qui ressort de cette étude est l'effet « pléiotrope » de l'O_2. Comme le montre le tableau, la croissance en anaérobiose affecte la teneur de tous les enzymes, mais avec une amplitude qui varie d'un ferment à l'autre. Pendant l'aération de la levure anaérobie dans le tampon phosphate glucosé, l'intensité de la synthèse de chacun de ces enzymes est proportionnelle au degré de diminution de sa teneur au cours de la croissance anaérobie. La récupération de la teneur maxima en ces enzymes semble exiger une multiplication aérobie prolongée.

(*) Séance du 13 octobre 1952.

(1) B. Ephrussi, et P. Slonimski, *Bioch. et Bioph. Acta*, 6, 1950, p. 256.

Enzyme.	Réaction mesurée.	Levure 59 R cultivée en : Aérobiose (AE).	Anaérobiose (AN).	$\frac{AE}{AN}$.
1. Cytochrome oxydase	Cyt. c Fe^{++} + H^+ + 1/4 O_2 ⇌ cyt. c Fe^{+++} + 1/2 H_2O	1340	env. 4	env. 300
2. Lactico déshydrogénase	1/2 lactate + cyt. c Fe^{+++} ⇌ 1/2 pyruvate + cyt. c Fe^{++} + H^+	195	<1	>200
3. α glycérophosphate déshydrogénase	1/2 α-glph. + cyt. c Fe^{+++} ⇌ 1/2 ph. gly. ald. + cyt. c Fe^{++} + H^+	73	<1	>70
4. DPN cytochrome c réductase	1/2 $DPNH_2$ + cyt. c Fe^{+++} ⇌ 1/2 DPN + cyt. c Fe^{++} + H^+	401	10	40
5. Déshydrogénase succinique	1/2 succinate + cyt. c Fe^{+++} ⇌ 1/2 fumarate + cyt. c Fe^{++} + H^+	60	1,7	35
6. Aconitase	Citrate ⇌ *cis*-aconitate + H_2O	602	31	19
7. Fumarase	Malate ⇌ fumarate + H_2O	5012	751	7
8. Déshydrogénase malique	Malate + DPN ⇌ oxaloacétate + $DPNH_2$	713	127	6
9. Déshydrogénase isocitrique	Isocitrate + DPN ⇌ oxalosuccinate + $DPNH_2$	126	43	3
10. Alcool déshydrogénase	Éthanol + DPN ⇌ ald. acétique + $DPNH_2$	215	523	0,4

Nota. — Les activités sont exprimées en millimètres cubes d'H_2 (ou en millimètres cubes de substrat pour les enzymes 6 et 7) par heure et par 1 mg d'azote du broyat; T 28°.

L'amplitude des variations d'un ferment donné est liée à sa position dans la chaîne du transfert d'électrons : l'enzyme terminal (cytochrome oxydase), qu réagit directement avec l'oxygène moléculaire, présente les variations les plus marquées; les enzymes 4 et 5, par exemple, qui se trouvent au milieu de la chaîne respiratoire présentent une plasticité moyenne; les teneurs des enzymes du début de la chaîne (8 et 9) varient relativement peu. D'autre part, la concentration en alcool-déshydrogénase, dont la participation dans le métabolisme anoxybiontique est bien établie, présente des variations dans le sens inverse. La synthèse adaptative des enzymes respiratoires apparaît donc comme un processus en chaîne et l'on peut penser que l'oxygène induit la formation d'un seul enzyme qui, à son tour, influence la formation de l'enzyme suivant, et ainsi de suite. Ce schéma est analogue à la conception de l'adaptation successive ([2]), avec cependant une différence essentielle. Nous avons affaire ici surtout à des catalyseurs de transfert réagissant avec deux substrats, donateur et accepteur d'électrons, et la présence simultanée de ces deux corps déterminerait la bio-synthèse d'un enzyme faisant partie de la chaîne.

([2]) R. Y. Stanier, *J. Bacter.*, 54, 1947, p. 339; M. Suda, O. Hayaishi et Y. Oda, *Med. J. Osaka Univ.*, 2, 1950, p. 21.

Quel que soit le mécanisme de la formation des enzymes respiratoires, nos résultats illustrent l'utilité de la méthode employée pour l'analyse des métabolismes aérobie et anaérobie. Ils permettent de conclure, par exemple, que la réaction catalysée par l'enzyme 2 fait partie uniquement du métabolisme aérobie, tandis que les réactions 7 à 9 participent au métabolisme anaérobie également.

La séance est levée à 16 h.

L. B.



ACADÉMIE DES SCIENCES.

SÉANCE DU LUNDI 27 OCTOBRE 1952.

PRÉSIDENCE DE M. ALBERT CAQUOT.

MÉMOIRES ET COMMUNICATIONS
DES MEMBRES ET DES CORRESPONDANTS DE L'ACADÉMIE.

M. le **Président** s'exprime en ces termes :

Mes chers Confrères,

Avec **Ernest Vessiot** disparaît un grand mathématicien qui eut également des idées profondes en physique et en mécanique.

Dès 1902, un Mémoire remarquable appela sur lui l'attention particulière du Monde savant.

Notre Académie avait proposé aux jeunes mathématiciens la question suivante :

« Perfectionner en un point important l'application de la théorie des groupes continus à la théorie des équations aux dérivées partielles. »

Plusieurs Mémoires remarquables lui parvinrent, mais l'un d'eux dominait l'ensemble et formait une étude très cohérente et très complète. A l'unanimité, le Grand Prix des Sciences mathématiques fut décerné au jeune professeur.

C'est la théorie des groupes qui inspira la plupart de ses travaux en développant les idées de Sophus Lie, et ils se rapportent essentiellement au problème de l'intégration des équations différentielles.

La notion de Galois sur les groupes appliquée à la théorie des équations algébriques avait servi de premier guide à Sophus Lie dans les applications à l'intégration des équations différentielles.

En développant de telles recherches après Lie, Vessiot se rapproche plus encore du point de vue de Galois, et précise ce que chaque équation peut présenter de spécial dans son intégration. Il donne le moyen de reconnaître si une équation est intégrable par quadratures, ou si elle est résoluble algébriquement.

Il érige ainsi une théorie rationnelle de l'intégration des équations

linéaires en permettant la discussion du problème général et ses résultats deviennent classiques.

Puis, passant aux équations non linéaires, il utilise des systèmes associés à un groupe, ce qui permet de se ramener pour chaque structure à des systèmes types.

La réductibilité des équations différentielles, ou aux dérivées partielles pose aux analystes les problèmes les plus vastes et les plus profonds, et sur cette question Jules Drach avait émis des idées directrices d'une extrême importance.

Ernest Vessiot aborde avec une rigueur parfaite cette puissante conception et forme un corps de doctrine qui permet de conduire les calculs jusqu'au résultat définitif.

Il crée la théorie de l'intégration des faisceaux de transformations infinitésimales pour la solution des systèmes d'équations aux dérivées partielles par une extension de la théorie des groupes de transformation également dominée par la notion de structure.

L'application de ces calculs à la mécanique analytique se présente immédiatement à Vessiot.

Les équations canoniques d'Hamilton définissent en fait une transformation de contact. Reprenant cette théorie par les groupes de contact, Vessiot retrouve au passage des résultats de Poisson, de Jacobi et de Lie et poussant plus loin donne la théorie des perturbations en Mécanique céleste.

Le mouvement d'un fluide peut être représenté par une transformation infinitésimale, Vessiot peut ainsi définir les éléments de mouvement relatif et étendre à ce cas, avec les modifications nécessaires, le théorème de Coriolis.

Dans la propagation des ondes, les transformations de contact permettent également d'apporter des lumières particulières sur ce phénomène et ces considérations interviennent souvent en physique mathématique, en optique, en hydrodynamique comme en élasticité.

En poursuivant de telles études, Vessiot aboutit à l'application de ses travaux à la Relativité générale d'Einstein. Il en conclut que la propagation de la lumière se fait par les ondes ellipsoïdales suivant le principe d'Huygens, et il aboutit à l'identité des lois des ondes lumineuses, électromagnétiques et de gravitation.

Il retrouve et généralise pour des ondes quelconques les lois de la réflexion et de la réfraction.

Sous une forme simple apparaissent, grâce à lui, les propriétés des ondes, en particulier les ondes de discontinuité en physique et en mécanique.

En mécanique appliquée, Vessiot fait preuve de la même pénétration.

Chargé d'études balistiques pendant les hostilités, il discute les formules

expérimentales utilisées et montre qu'elles doivent être corrigées pour tenir compte de l'ensemble des caractéristiques physiques; il détermine les formules correctes à l'aide du principe d'homogénéité.

Ernest Vessiot a formé de nombreuses générations de mathématiciens. Comme directeur de l'École normale Supérieure, il a donné une vigoureuse impulsion aux recherches désintéressées de la science pure. La droiture du caractère de ce grand savant était aussi ferme que la précision de son raisonnement.

En 1914, il était Président de la Société mathématique de France, et de 1902 à 1942, il fut cinq fois Lauréat de notre Académie.

Painlevé portant jugement sur son œuvre la caractérise par sa profondeur, sa rigueur parfaite et sa lucide élégance.

A tous les siens, nous transmettons, avec notre souvenir attristé, les condoléances émues de notre Compagnie.

M. **Albert Pérard**, désigné par l'Académie pour faire partie du Comité technique de l'Organisation internationale de Standardisation, donne quelques renseignements sur les discussions qui ont eu lieu et les résolutions qui ont été prises dans les réunions tenues du 20 au 25 octobre, à Copenhague, par le Comité ISO/TC 12 : Grandeurs, Unités, Symboles, Facteurs de Conversion.

Sur un document très complet et remarquablement étudié, remis par le Secrétariat danois et comprenant toutes les grandeurs et unités réparties en huit chapitres : 1. Espace et Temps; 2. Oscillations et Ondes; 3. Mécanique; 4. Chaleur; 5. Électricité et Magnétisme; 6. Lumière; 7. Son; 8. Chimie et Physique atomique, il n'a pas été possible de dépasser beaucoup le premier chapitre; mais ce chapitre a été discuté à fond. Les principes généraux qui ressortent de cette discussion sont les suivants :

1° Le Système pratique d'unités M. K. S. A. (mètre, kilogramme, seconde, ampère, candela, degré Celsius) et les grandeurs qui lui correspondent (longueur, masse, temps, courant électrique, intensité lumineuse, température) doivent être mis en évidence dans un tableau placé en tête de la liste générale des grandeurs et unités. Ce qui est très exactement conforme à la proposition française, offerte comme base de discussion par la Conférence générale des Poids et Mesures de 1948, dans l'enquête sur cette question, menée par elle auprès de toutes les Ambassades et Légations.

2° Les recommandations de la Conférence générale des Poids et Mesures doivent être suivies dans toute la mesure du possible. Et l'on s'en est remis à ses décisions chaque fois qu'un cas délicat s'est présenté, sur lequel on n'a pu arriver à un accord.

3° Les symboles des unités ont un caractère impératif, que n'ont pas les symboles des grandeurs.

L'impression générale importante est qu'il y a eu, dans ces réunions, un pas en avant assez sérieux vers l'emploi universel du Système Métrique.

CHIMIE ORGANIQUE. — *Études sur les phénazhydrines. Observations sur la composition de la chlororaphine.* Note (*) de MM. **Charles Dufraisse, André Étienne** et **Edmond Toromanoff.**

On a mis en évidence une association tétramoléculaire, verte, de phénazine α-carbonamide et de son N-dihydrure, distincte de la phénazhydrine, dimoléculaire, verte également, donnée comme constituant la chlororaphine. La chlororaphine naturelle pourrait correspondre à l'association tétramoléculaire plutôt qu'à la dimoléculaire. Les recherches sont étendues à la phénazine β-carbonamide.

La phénazine, I, et son N-dihydrure, II, contractent deux associations [1] : l'une, bleue, est équimoléculaire, l'autre, violette, est tétramoléculaire et contient trois molécules de phénazine pour une de son hydrure. Nous étendons les recherches à deux autres corps phénaziniques, amidés tous les deux, l'un, le dérivé α amidé, III, qui forme le pigment vert sécrété par *Bacillus* (*Pseudomonas*) *chlororaphis* [Guignard et Sauvageau [2]], l'autre, le dérivé β, IV.

a. Il est bien connu [3] que la chlororaphine est constituée par une association de phénazine α-carbonamide et de son dihydrure, mais on admettait uniquement, d'ailleurs sans preuve décisive, la composition équimoléculaire [4], de type dit « quinhydronique », ou mieux, « phénazhydrinique ». Nos résultats tendent à prouver que le pigment naturel pourrait avoir aussi bien la composition tétramoléculaire, avec une molécule seulement d'hydrure pour trois d'amide non hydrogéné.

En principe, les modes de production et les caractères généraux des deux pigments sont analogues à ceux des deux pigments phénaziniques simples.

On obtient le pigment équimoléculaire, de type A, en mouillant de solvant le mélange, en proportions théoriques, de phénazine α-carbonamide et de son dihydrure. Le pigment tétramoléculaire, de type B, pour être obtenu exempt de cristaux de A, nécessite un excédent de phénazine α-carbonamide, III, sur sa composition propre : en alcool

(*) Séance du 20 octobre 1952.

(1) Ch. Dufraisse, A. Étienne et Ed. Toromanoff, *Comptes rendus*, **232**, 1951, p. 2379.

(2) *C. R. Sc. Biol.*, 1894, p. 841.

(3) F. Kögl et J. J. Postovsky, *Ann.*, **480**, 1930, p. 280.

(4) F. Kögl et B. Tönnis, *Ann.*, **497**, 1932, p. 265.

éthylique à 20°, dans la solution en équilibre avec les cristaux de B, la concentration en phénazine α-carbonamide doit être voisine de la saturation (90 % de la saturation), ce qui abaisse la concentration en dihydrure au 1/20 de la saturation et, dans ces conditions, l'excédent du premier constituant sur le dihydrure (avec des solubilités respectives de 2,8 et 16 g/l) s'établit au coefficient 5.

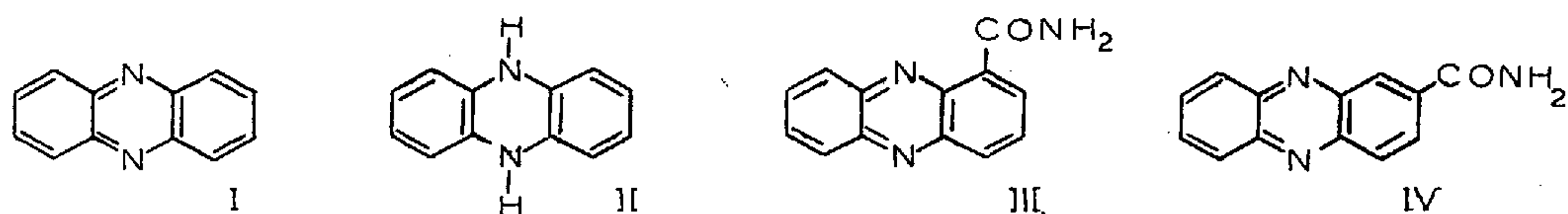
Les deux pigments sont verts l'un et l'autre, avec une différence de teintes assez peu perceptible (vert vif et vert jaunâtre plus ou moins foncé) : c'est ce qui explique, probablement, pourquoi l'existence du deuxième n'avait même pas été soupçonnée. Les points de fusion sont plus distincts, à la condition de les déterminer par une méthode instantanée (bloc Maquenne), puisque les composés sont dissociables. Le premier, le dimoléculaire, fond instantanément à 242-243°; le second, le tétramoléculaire, à 230-231°. Leur mélange ne donne pas de dépression du point de fusion à proprement parler, mais les points de fusion instantanée des mélanges ne sont pas nets et s'échelonnent, suivant les proportions relatives de chaque pigment, entre les points de fusion instantanée précédents. Les deux pigments cristallisent en aiguilles plus ou moins fines suivant le solvant dans lequel ils ont été formés : dans l'alcool, le pigment dimoléculaire est en aiguilles assez fines, l'autre, le tétramoléculaire, en aiguilles très fines, disposées en mèches de cheveux; dans le benzène, c'est l'inverse. Les individualités des deux corps ne peuvent pas être mises en doute, comme le montrent, outre les conditions de formation et les points de fusion, les titrages d'hydrogène labile par notre technique à l'iode ([1]). Notons, à ce propos, que le dihydrure est particulièrement oxydable, aussi bien à l'état pur que dans ses combinaisons moléculaires. Ce dihydrure, obtenu par réduction catalytique au nickel de Raney de la phénazine α-carbonamide, III, dans l'alcool, se présente en plaquettes jaune d'or [pour la théorie de la coloration du dihydrure, préparé pour la première fois par Kögl et Postovsky ([5]), voir ([6]) et surtout ([7])] verdissant très rapidement au contact des solvants, en présence d'air. Le point de fusion instantanée du dihydrure pur est de 204-205° : la fusion des cristaux jaunes, sur le bloc, est immédiatement suivie d'une resolidification en aiguilles vertes, résultant manifestement de l'oxydation partielle du dihydrure. Cette instabilité à l'air est un obstacle fort gênant pour l'étude des pigments phénaziniques en général, mais plus particulièrement pour celle des corps carbonamidés. La plupart des opérations concernant ces corps doivent être conduites à l'abri de l'air; c'est seulement à l'état

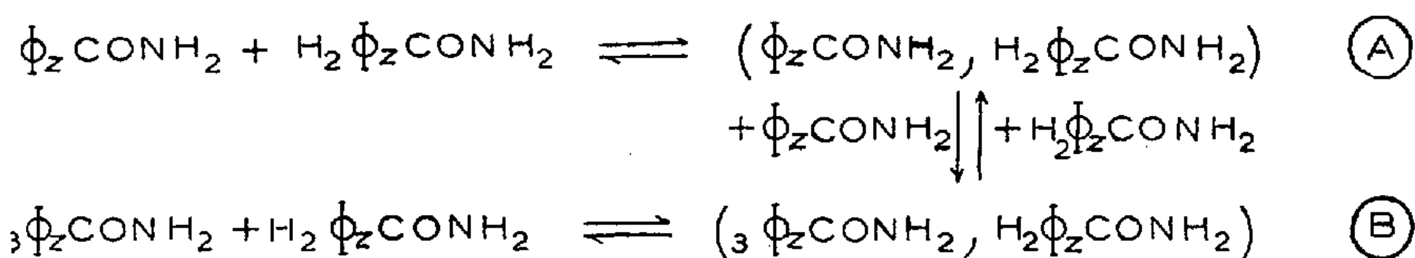
---

([5]) *Ann.*, 480, 1930, p. 296.
([6]) F. Kögl et J. J. Postovsky, *Ann.*, 480, 1930, p. 288; *voir* aussi ([4]).
([7]) L. Birkofer, *Ang. Chem.*, 64, 1952, p. 111.

cristallisé et sec, ou bien mouillés d'un liquide dépourvu d'action dissolvante, comme l'eau, qu'ils peuvent être manipulés sans cette précaution.

On peut répéter ici, presque mot pour mot, ce qui a été mentionné ([1]) pour les pigments phénaziniques simples, concernant leurs relations entre eux et avec leurs constituants.





Φz = reste phénazinique

Citons, en particulier, leur dissociation au contact des solvants, les solutions résultantes n'ayant que la teinte jaune du dihydrure. Ici aussi la dissociation n'affecte pas les deux pigments de la même manière. Mouillés de solvant, les cristaux de la combinaison dimoléculaire, A, se dissocient partiellement sans changer de nature, tandis que ceux de la combinaison tétramoléculaire, B, se transforment progressivement, par dissociation, en cristaux de la combinaison dimoléculaire A; avec une quantité de solvant suffisante, la transformation B → A est intégrale. Les équilibres en solution, dans l'alcool sous vide, entre les deux corps verts A et B, et le passage d'un pigment à l'autre s'établissent également, suivant un schéma identique à celui qui a été donné dans le cas des corps bleu et violet de la phénazine et de son dihydrure; ainsi, par exemple, en ce qui concerne les conditions de stabilité des pigments verts, en présence d'un excédent non dissous d'un des constituants, on voit que la phénazine α-carbonamide, III, favorise la formation du pigment tétramoléculaire B, le dihydrure celle du pigment dimoléculaire A.

Il s'ensuit que la composition de la chlororaphine naturelle pourrait bien être autre que celle que l'on admettait jusqu'ici, donc autre qu'équimoléculaire. Il y aurait même des raisons d'admettre la composition tétramoléculaire. En effet, le point de fusion des cristaux de chlororaphine naturelle, sous azote, d'après Kögl et Tönnis ([3]), serait de 228-229°. D'autre

([3]) *Ann.*, 497, 1932, p. 276.

part, les auteurs précédents ont insisté sur la présence constante de trois hydrogènes mobiles dans la chlororaphine (3 H actifs au Zerewitinoff pour 2 mol) : comme la phénazine α-carbonamide a un seul hydrogène mobile et son dihydrure trois, ceci correspondrait aussi à la combinaison tétramoléculaire (au total 6 H actifs pour 4 mol). Quoi qu'il en soit, il est probable que ce pigment existe, au moins en mélange, dans les cultures, auquel cas ce serait, sans doute, le premier exemple de cette catégorie d'association tétramoléculaire ayant une origine naturelle.

b. En série β, les faits se présentent sous un jour plus compliqué. On arrive bien à repérer, ici encore, l'existence de deux pigments, verts également, mais l'un d'eux, seul, a pu être isolé dans un état de pureté convenant à une identification complète; l'autre n'a été qu'entrevu. C'est la raison, sans doute, pour laquelle ils n'avaient pas été signalés jusqu'à présent. La cause des différences avec la série α doit être rapportée à l'insuffisante solubilité de l'amide β, IV.

Le pigment dimoléculaire, de type A, exige, pour apparaître, la présence de cristaux excédentaires de dihydrure, ce qui empêche une séparation intégrale; il est vert foncé et sa fusion instantanée est aux environs de 270°.

Le pigment tétramoléculaire, de type B, requiert aussi du dihydrure en excès par rapport à sa propre composition, mais il précipite sans mélange dans des conditions déterminées; il est en cristaux gris vert, F_{inst} 322-323°.

Les Ouvrages suivants sont présentés :

par M. **Charles Jacob** : *Traité de Paléontologie* (1), publié sous la direction de Jean Piveteau, Secrétaire de rédaction : Mlle Colette Dechaseaux. Tome II. *Problèmes d'adaptation et de phylogénèse* (*Brachiopodes, Chétognathes, Annélides, Géphyriens, Mollusques*);

par M. **Louis Fage** : *Faune de l'Union française*. XIV. *Diptères phlébotomes de la Guyane et des Antilles françaises*, par Hervé Floch et Émile Abonnenc. Préface de M. Émile Roubaud.

DÉSIGNATIONS.

M. **Léon Binet** est désigné pour représenter l'Académie à la **Cérémonie du Souvenir**, organisée par la Fédération Nationale des Médecins du Front, qui aura lieu à la Faculté de médecine de Paris, le 11 novembre 1952.

---

(1) Cf. *Comptes rendus*, 234, 1952, p. 2326.

CORRESPONDANCE.

L'Académie est informée :

de la réunion du sixième « **International Grassland Congress** », qui s'est tenu au « Pennsylvania State College », États-Unis, du 17 au 23 août 1952;

de la Cérémonie qui a lieu aujourd'hui 27 octobre, à Cabrespine, Aude, à l'occasion de l'inauguration d'une plaque commémorative apposée sur la maison où mourut **Pierre Duhem**.

M. **Lucien d'Azambuja** prie l'Académie de bien vouloir le compter au nombre des candidats à la place vacante, dans la Section d'Astronomie, par le décès de M. *Bernard Lyot*.

ALGÈBRE. — *Sur l'équation $\xi^n = \alpha$ pour des types d'ordre.* Note (*) de Mme **Anne C. Davis**, transmise par M. Waclaw Sierpiński.

On sait que, α étant un type d'ordre dénombrable, l'équation $\xi^2 = \alpha$ peut avoir deux ou même trois solutions différentes ([1]). Le but de la Note présente est de préciser ce résultat par le théorème suivant :

Théorème. — *Pour tout nombre cardinal $\mathfrak{m} = 0, 1, 2, \ldots, \aleph_0, 2^{\aleph_0}$ il existe $2^{\aleph_0}$ types dénombrables α tels que n étant un entier naturel arbitraire ≥ 2 l'équation $\xi^n = \alpha$ admette exactement $\mathfrak{m}$ solutions.*

Nous désignerons par S l'ensemble de tous les types dénombrables clairsemés $\alpha \neq 0$, et par S' l'ensemble de tous les $\alpha \in S$ qui peuvent se mettre sous la forme $\alpha = 1 + \beta$ mais non sous la forme $\alpha = \gamma + 1$. Étant donnés deux ensembles A et B nous dénoterons par A^B l'ensemble de toutes les fonctions définies dans B et prenant leurs valeurs dans A.

Soit R l'ensemble des nombres rationnels. Étant donnée une fonction φ définie sur $X \subseteq R$ et ayant pour valeurs des types d'ordre arbitraires, nous dénoterons par $\sum_{r \in X} \varphi(r)$ le type qui s'obtient en gros, en remplaçant chaque élément $r \in X$ par un ensemble ordonné de type $\varphi(r)$.

Les trois lemmes suivants se déduisent aisément de résultats connus ([2]) :

(*) Séance du 20 octobre 1952.

([1]) A. C. Davis, *Bull. Amer. Math. Soc.*, 58, 1952, p. 382; A. C. Davis et W. Sierpiński, présent volume.

([2]) Pour le lemme 1, voir la Note de W. Sierpiński et moi-même citée dans ([1]). Le lemme 2 est une conséquence d'un théorème général de F. Hausdorff, *Grundzüge der*

LEMME 1. — *S et S′ ont une puissance égale à $2^{\aleph_0}$.*

LEMME 2. — *Tout type dénombrable $\alpha \neq 0$ non clairsemé peut être représenté d'une manière et d'une seule par l'une des formes : (a) $\alpha = \sum_{r\in R} \varphi(r)$, (b) $\alpha = \beta + \gamma$, (c) $\alpha = \gamma + \delta$, (d) $\alpha = \beta + \gamma + \delta$, où $\varphi \in S^R$ et dans (b), (c), (d) nous avons $\beta.\delta \in S$ et γ de la forme (a). La représentation est unique au sens suivant : si $\alpha = \sum_{r\in R} \varphi(r) = \sum_{r\in R} \psi(r)$ il existe une application strictement croissante f de R sur lui-même telle que $\varphi(r) = \psi[f(r)]$ pour tout $r \in R$.*

LEMME 3. — *Pour tout ensemble A de types d'ordre non vide et au plus dénombrables, il existe un et un seul type α qui admette une représentation de la forme $\alpha = \sum_{r\in R} \varphi(r)$, où l'on ait $\varphi \in A^R$ et tel que pour tout $z \in A$ l'ensemble des $r \in R$ satisfaisant à $\varphi(r) = z$ soit dense dans R. Nous dénoterons alors α par $\sigma(A)$.*

Quoique nous n'y renvoyons pas explicitement, les trois lemmes précédents forment la base de la démonstration du théorème principal résumée ci-dessous.

Cas I : $\mathfrak{m} = 0$. — Il existe évidemment $2^{\aleph_0}$ types α de la forme $\alpha = \eta + \beta$, avec $\beta \in S$ et $\beta \neq 1$; pour de tels α l'équation $\xi^n = \alpha$ n'a pas de solution.

Cas II : $\mathfrak{m} = 1$. — Il existe $2^{\aleph_0}$ types $\alpha = (1 + \beta + 1)\eta$, où $\beta \in S$; pour de tels α l'équation $\xi^n = \alpha$ admet une seule solution $\xi = \alpha$.

Cas III : $1 < \mathfrak{m} \leqq \aleph_0$. — Il existe $2^{\aleph_0}$ types α de la forme $\alpha = \sigma(A)$, où A est un sous-ensemble de S′ contenant $\mathfrak{m} - 1$ éléments (nous admettons que $\aleph_0 - 1 = \aleph_0$). Pour un tel α l'équation $\xi^n = \alpha$ est satisfaite exactement par $\mathfrak{m}$ types : le type $\xi = \alpha$ et les types de la forme $\xi = \alpha + z$ où $z \in A$.

Cas IV : $\mathfrak{m} = 2^{\aleph_0}$. — Il existe $2^{\aleph_0}$ types de la forme

$$\alpha = (\omega^* + \omega).\sum_{r\in R} \varphi(r),$$

où φ est une fonction biunivoque définie sur R et ayant pour valeurs des types d'ordre finis (ou clairsemés) arbitraires. Pour un tel α l'équation $\xi^n = \alpha$ admet pour seules solutions : $\xi = \alpha$ et les types de la forme

$$\xi = (\omega^* + \omega).\delta + \alpha + (\omega^* + \omega).\gamma, \qquad \text{avec} \quad \gamma + \delta = \sum_{r\in R} \varphi(r). \tag{1}$$

A tout irrationnel x on peut faire correspondre de façon biunivoque une solution ξ_x de la forme (1) en posant

$$\gamma_x = \sum_{r\in Cx} \varphi(r), \qquad \delta_x = \sum_{r\in Dx} \varphi(r),$$

Mengenlehre, 1914, p. 95. Le lemme 3 se déduit de résultats de TH. SKOLEM, *Skrifter Videnskapsselskapet Kristiania*, I klasse, 1920, n° 4, p. 32-33. Il a été formulé (et utilisé à d'autres fins) pour la première fois par A. Tarski.

où C_x et D_x sont respectivement l'ensemble des nombres rationnels $r < x$ et l'ensemble des nombres rationnels $r > x$. Par conséquent $\xi^n = \alpha$ admet $2^{\aleph_0}$ solutions.

Pour $\mathfrak{m} = 1, 2, \ldots, \aleph_0$ on peut obtenir des exemples d'équations $\xi^n = \alpha$ ayant exactement $\mathfrak{m}$ solutions en considérant les plus simples des types non clairsemés, à savoir, les types de la forme $\alpha = \beta\eta$, $\beta \in S$ [3]. Par exemple, l'équation $\xi^n = \alpha = (\omega^* + \omega)n\eta (n = 1, 2, \ldots)$ admet exactement $n + 2$ solutions $\xi_2 = \alpha$, et $\xi_{1+i} = (\omega^* + \omega).i + \alpha + (\omega^* + \omega).(n - i)$ pour $0 \leq i \leq n$. De même l'équation $\xi^n = \alpha = (\omega^* + \omega).\omega\eta$ admet exactement $\aleph_0$ solutions : $\xi_0 = \alpha$, $\xi_1 = \alpha + (\omega^* + \omega).\omega$ et $\xi_{2+i} = (\omega^* + \omega).\omega + \alpha + (\omega^* + \omega)i$ pour $i = 0, 1, 2, \ldots$. Il semble cependant que si $3 < \mathfrak{m} < \aleph_0$, il existe seulement un nombre fini de types $\alpha = \beta\eta$, $\beta \in S$ pour lesquels $\xi^2 = \alpha$ admette exactemeut $\mathfrak{m}$ solutions.

ALGÈBRE. — *Construction du treillis modulaire engendré par deux éléments et une chaîne finie discrète* [1]. Note de M. **Marcel Paul Schützenberger**, présentée par M. Émile Borel.

Soient y et z les deux éléments et $x_0 \leq x_1 \leq x_2 \ldots \leq x_n \leq x_\infty = x_{n+1}$ la chaîne que l'on a complétée par $x_0 = x_1 yz$ et $x_\infty = x_n + y + z$.

On appellera « éléments P » les éléments de l'une des formes suivantes :

$$x_i; \quad X_{ij} = x_i(yx_j + zx_j); \qquad Y_{ij} = x_j y(x_i + z); \qquad Z_{ij} = x_j z(x_i \overset{\circ}{+} z)$$

(avec $i \leq j$) et « éléments $\overline{P}$ » les sommes d'éléments P. On définira de même les éléments P^* et $\overline{P}^*$ par dualité en permettant les signes $^+$ et $\cdot$.

Par calcul direct on peut établir les relations suivantes :

$$(1.1) \quad \begin{cases} X_{ij} \leq X_{kl} & \rightleftharpoons \quad i \leq k \quad \text{et} \quad j \leq l, \\ Y_{ij} \leq Y_{kl} & \rightleftharpoons \quad i \leq k \quad \text{et} \quad j \leq l, \\ Y_{ij} \leq X_{kl} & \rightleftharpoons \quad j \leq k; \end{cases}$$

$$(1.2) \quad \begin{cases} X_{ij} \leq X^*_{kl} & \rightleftharpoons \quad i \leq l, \\ Y_{ij} \leq y \leq Y^*_{kl} & (\text{tout } i, j, k \text{ et } l), \\ Y_{ij} \leq X^*_{kl} & (i \leq k \text{ ou } j \leq l), \\ X_{ij} \leq Y^*_{kl} & (i \leq k \text{ ou } j \leq l); \end{cases}$$

$$(1.3) \quad \text{Tout } i \text{ et } j \quad X_{ij} + Y_{ij} = Y_{ij} + Z_{ij} = Z_{ij} + X_{ij}.$$

A toute somme S d'éléments P on associe le produit S^* de tous les P^* plus grands (d'après 1.2) que chacun des constituants de S.

---

(3) Par suite du manque de place, nous remettons à une autre publication la description détaillée de toutes les solutions de $\xi^n = \alpha = \beta\eta$ avec $\beta \in S$.

(1) Problème 29 de G. Birkhoff, *Lattice Theory*, p. 70.

Il est facile de voir que ceci établit une correspondance de Galois entre $\overline{P}$ et $\overline{P^*}$ où les « fermés » sont les expressions maximales eu égard aux lois d'absorption et aux relations 1.1 et 1.3.

On aura établi que le treillis ne peut contenir aucun élément irréductible non trivial en dehors de P et P* lorsqu'on aura prouvé que tout élément de $\overline{P^*}$ est un $\overline{P}$ (ou dualement). Or puisque par définition même $P^* \in \overline{P}$ il suffira par récurrence de montrer que $U^*S \in \overline{P}$ pour tout $U^* \in P^*$ et $S \in \overline{P}$. La démonstration complète exigeant la considération de nombreux cas particuliers, on se bornera à en indiquer le principe. Soit $U^* = A^*_{ij}$; $S = B_{kl} + C_{k'l'} + S'$ où l est le plus grand des indices intervenant dans S et l' l'indice immédiatement inférieur. Le seul cas intéressant est celui où l, $l' > j$ et k, $k' > i$. Il existe alors un $D^*_{il'}$ plus grand que A^*_{ij} et que $C_{k'l'} + S$ (d'après 1.1 et 1,2) et l'on peut écrire

$$A^*_{ij}S = A^*_{ij}D^*_{il'}S = A^*_{ij}(D^*_{il'}B_{kl} + C_{k'l'} + S').$$

Un calcul direct montre alors que $D^*_{il'}B_{kl} \in \overline{P}$ et $D^*_{il'}B_{kl} < B_{kl}$, ce qui permet (moyennant les relations 1.3) de réduire effectivement l'expression à une somme $\overline{P}$.

On a montré ailleurs [(2) et (3)] que la loi $\mathfrak{U}$: pour tout a, b, c, d et e :

$$a(b + c(d + e)) = a(b + cd) + a(b + ce) + ac(d + e) + ad(be + c) + ae(bd + c)$$

est l'élément maximal des lois non distributives plus fortes que la loi modulaire et l'on sait que dans tout treillis T satisfaisant à $\mathfrak{U}$:

1° les seuls irréductibles sont de la forme $\alpha(\beta\gamma + \beta\delta)$, où les α, β, γ, δ sont des monomes disjoints en les générateurs;

2° T est l'union subdirecte d'un treillis distributif et de treillis modulaires M_5 non distributifs à 5 éléments.

Puisque le treillis modulaire $\mathcal{L}$ libre engendré par une chaîne et deux éléments n'admet pas d'autres irréductibles que le $\mathfrak{U}$-treillis correspondant, $\mathcal{L}$ satisfait à $\mathfrak{U}$ et est l'union subdirecte de M_5 et d'un treillis distributif.

Il est alors possible de calculer les classes d'intervalles minimaux projectivement équivalents dont la forme canonique est

$$(X_{i-1,j} + X_{i,j-1} \mid X_{ij}).$$

Si la chaîne contient n éléments (x_0 et x_∞ n'étant pas comptés), il existe donc $n(n+1)/2$ treillis M_5 indépendants dans le treillis $\mathcal{L}$ et une condition nécessaire et suffisante pour que le treillis soit distributif sera :

$$(x_1 + y)(x_n + z)(y + z) = x_1 z + x_n y + yz.$$

---

(2) *Comptes rendus*, **218**, 1944, p. 818.
(3) *Comptes rendus*, **220**, 1945, p. 218.

On notera enfin l'équivalence projective pour tout $x < x'$, y et z des deux intervalles :

$$[x(x'y + x'z) \mid x(y+z)] \quad \text{et} \quad [x' + yz \mid x' + (x+y)(x+z)].$$

ANALYSE MATHÉMATIQUE. — *Sur les équations intégrales de Volterra à noyaux logarithmiques*. Note (*) de M. **Serge Colombo**, présentée par M. Henri Villat.

La règle opérationnelle

$$(1) \qquad \frac{\varphi(p + a\log p)}{p + a\log p} \subset \int_0^t \frac{(t-s)^{as}}{\Gamma(1+as)} f(s)\, ds$$

permet la résolution formelle immédiate de l'équation intégrale de Volterra

$$(2) \qquad \int_0^t (\xi \log\xi + m\xi + n) f(t-\xi)\, d\xi = g(t),$$

où m et n désignent deux constantes.

En effet, si γ est la constante d'Euler,

$$t\log t + mt + n \supset n - \frac{1}{p}\log p\, e^{-(m+1-\gamma)},$$

d'où, en posant $G(p) \subset g(t)$,

$$f(t) \supset \frac{p^2 G(p)}{np - \log p\, e^{-(m+1-\gamma)}} = \frac{1}{p}\Omega(p)[p^2 G(p) - pg'(0)] + g'(0)\Omega(p)$$

avec

$$\Omega(p) = \frac{n^{-1} q}{q + k\log q},$$

$$k = -n^{-1} e^{-(m+1-\gamma)},$$

$$q = p\, e^{-(m+1-\gamma)}.$$

Or on déduit immédiatement de (1)

$$p(p + a\log p)^{-1} \subset \int_0^t \frac{(t-s)^{as-1}}{\Gamma(as)}\, ds = \omega(t, a) \qquad (\mathcal{R}a > 0).$$

Si $g(0) = 0$, alors $p^2 G(p) - pg'(0) \subset g''(t)$; de sorte que

$$(3) \qquad f(t) = \frac{1}{n}\left\{\int_0^t \omega(\xi e^{m+1-\gamma}, k)\, g''(t-\xi)\, d\xi + g'(0)\,\omega(t e^{m+1-\gamma}, k)\right\} \qquad (n < 0).$$

L'équation (2) appartient à un type général qui a été envisagé par Volterra et M. Joseph Pérès ([1]). Dans le cas particulier actuellement considéré, le calcul

---

(*) Séance du 20 octobre 1952.

([1]) *Théorie générale des fonctionnelles*, p. 179-181.

opérationnel montre immédiatement que la fonction $\omega(t, k)$ joue un rôle déterminant. Cette fonction pourrait être rapprochée de

$$\nu(t, n) = \int_0^\infty \frac{t^{\xi+n}}{\Gamma(\xi+n+1)} d\xi \supset p^{-n}(\log p)^{-1}$$

et de

$$\mu(t, m, n) = \int_0^\infty \frac{t^{n+\xi}\xi^m}{\Gamma(1+n+\xi)\Gamma(1+m)} d\xi \supset p^{-n}(\log p)^{-m-1}$$

qui interviennent dans la résolution de l'équation de Volterra lorsque le noyau est un polynome en $\log t$ (2).

La règle (1) peut se généraliser : on a

$$(1') \qquad \frac{\varphi(p + a\log p + b\log\log p)}{p + a\log p + b\log\log p} = \int_0^\infty e^{-ps}p^{-as}(\log p)^{-bs}f(s)\,ds$$
$$\subset \int_0^t \mu(t-s, bs-1, as)f(s)\,ds.$$

TOPOLOGIE ALGÉBRIQUE. — *Invariants topologiques d'une fonctionnelle semi-continue inférieurement sur un espace localement compact.* Note (*) de M. **René Deheuvels**, présentée par M. Paul Montel.

Cette Note fait suite à deux Notes dont nous conservons les notations et expose une théorie cohomologique, multiplicative, des valeurs critiques d'une fonctionnelle semi-continue inférieurement sur un espace localement compact. Le Mémoire de M. J. Leray inséré dans le *Journal de Mathématiques*, 1950, p. 1-139, auquel nous nous référons pour certaines définitions sera désigné par L.

1. *Filtrations discrètes détachées d'une filtration réelle.* — Soient T un ensemble discret sur R, mis en correspondance biunivoque avec l'ensemble Z des entiers par l'application croissante $\tau : Z \to T$ de Z sur T, τ_n l'image de n par τ. L'application :

$f_T(0) = \infty$ $f_T(a) =$ le plus grand entier N tel que $\tau_N < f(a)$ lorsque $a \neq 0$, de $\mathfrak{A}$ dans $Z' = Z \cup \infty$ est une filtration réelle de $\mathfrak{A}$ à valeurs entières.

L'application $Z'^{(4)} \to V \subset W$, qui au quadruple $(i-1, j-1, k-1, l-1)$ d'entiers $i \leqq j \leqq k \leqq l$, fait correspondre $(\tau_i\tau_j\tau_k\tau_l) \in V$, est biunivoque et détermine une inclusion de l'ensemble Q_T des quotients d'homologie de $(\mathfrak{A}, f_T)$ dans l'ensemble Q des quotients d'homologie de $(\mathfrak{A}, f)$:

$$Q_T(i-1, j-1, k-1, l-1) \to Q(\tau_i\tau_j\tau_k\tau_l).$$

(2) P. Humbert et L. Poli, *Bull. Sc. Math.*, 68, 1944, p. 204; et L. Poli, *Ann. Soc. Scientifique de Bruxelles*, 55, 1935, p. 111-119.

(*) Séance du 13 octobre 1952.

Dans l'ensemble des quotients $E_T \subset Q_T$, on peut introduire une structure d'anneau spectral, selon une construction connue qui sera utilisée ci-dessous.

2. *Filtrations réelles de l'anneau de cohomologie d'un espace localement compact.* — Un faisceau (L. p. 43) B sur un espace localement compact X sera dit propre si :

a. $\lim B(\mathcal{V}) = B(K)$ lorsque $\mathcal{V}$ parcourt le filtre des voisinages de la partie compacte K de X ;

b. les supports des éléments de B sont compacts.

On dira qu'un faisceau B possède une filtration réelle si, pour tout fermé F, l'anneau B(F) possède une filtration réelle et si chaque section est un homomorphisme ne diminuant pas la filtration. On dira que B est filtré-propre si, pour tout réel p, le faisceau déterminé par les $B(F)^p$ est propre ; dans ce cas, pour tout élément b_F de B(F), la fonctionnelle $x.b_F$, $x \in X$, est semi-continue inférieurement.

Si B est un faisceau propre, $\varphi(x)$ une fonctionnelle semi-continue inférieurement définie sur X, filtrons B par :

si $b_F \in B(F)$ et $b_F \neq 0$:

$$f(b_F) = \operatorname{Inf} \varphi(x) \qquad \text{pour} \quad x \in F,$$
$$f(0) = \infty,$$

B est filtré-propre.

Si $\mathcal{X}$ est une couverture fine de X, B un faisceau filtré-propre, l'anneau du complexe $\mathcal{X} \circ B$ est filtré (L., p. 60-63).

Les raisonnements de M. J. Leray dans L, convenablement adaptés, permettent de montrer que, lorsque la filtration réelle de B est à valeurs entières, l'anneau spectral de $\mathcal{X} \circ B$ est indépendant du choix de la couverture fine $\mathcal{X}$. En utilisant le paragraphe 1, et l'arbitraire du choix de T et de τ, on montre que les quotients d'homologie de $\mathcal{X} \circ B$, et en particulier les anneaux critiques et dérivés sont indépendants du choix de $\mathcal{X}$, lorsque la filtration réelle de B est quelconque. On définit donc des invariants de X et de la filtration f lorsque B est identique ou localement isomorphe à un anneau ; on peut remplacer f par $F \circ f$, où F est une fonction continue strictement croissante de R sur R sans changer l'ensemble de ces invariants.

On a la formule

$$\mathcal{L} = \sum_r \lim_{\varepsilon \gtrless 0} \mathcal{H}(\mathcal{X} \circ B^{r-\varepsilon}/B^r),$$

qui, lorsque la filtration provient d'une fonctionnelle $\varphi(x)$, exprime que l'anneau local au niveau r, $\mathcal{L}_r$, est la limite du système inverse formé par les anneaux de cohomologie relative du fermé $(\varphi \leqq r)$ mod le fermé $(\varphi \leqq r - \varepsilon)$ quand $\varepsilon \gtrless 0$.

GÉOMÉTRIE. — *Formules matricielles relatives aux complexes linéaires et aux faisceaux de complexes linéaires.* Note de M. **André Charrueau**, présentée par M. Henri Villat.

La présente Note fait suite à deux autres [1], dont nous conservons les notations [2]. Dans les paragraphes 2 et 3 de la seconde Note, nous avons calculé les matrices de T_n en fonction de celles des deux complexes spéciaux du faisceau; lorsqu'ils sont distincts, ou, dans le cas contraire, de celles du complexe spécial double et d'un autre complexe du faisceau. Si les deux complexes de base donnés sont quelconques, on ramène la détermination des matrices de T_n au problème précédent. Mais, dans l'étude de la question suivante, il est plus commode de calculer les dites matrices directement en fonction de celles de ces complexes de base.

1. Reprenons les notations du paragraphe 1 de la première Note. Soient λ_1 et λ_2 les racines de $\omega_2\lambda^2+\omega_{12}\lambda+\omega_1=0$. Partant de $\mathcal{A}_1\mathcal{B}_1=\omega_1\|1\|$, $\mathcal{A}_2\mathcal{B}_2=\omega_2\|1\|$, $\mathcal{A}_1\mathcal{B}_2\mathcal{A}_1=\omega_{12}\mathcal{A}_1-\omega_1\mathcal{A}_2$, calculons $(\mathcal{A}_1\mathcal{B}_2)^p$ et $(\mathcal{A}_1\mathcal{B}_2)^p\mathcal{A}_1$, pour p entier quelconque >0. On obtient les résultats suivants :

1° *Cas de* $\omega_1=0$:

$$(\mathcal{A}_1\mathcal{B}_2)^p=\omega_{12}^{p-1}\mathcal{A}_1\mathcal{B}_2,\qquad (\mathcal{A}_1\mathcal{B}_2)^p\mathcal{A}_1=\omega_{12}^p\mathcal{A}_1.$$

2° *Cas de* $\omega_2=0$:

$$(\mathcal{A}_1\mathcal{B}_2)^p=\omega_{12}^{p-1}\mathcal{A}_1\mathcal{B}_2,\qquad (\mathcal{A}_1\mathcal{B}_2)^p\mathcal{A}_1=\omega_{12}^{p-1}(\omega_{12}\mathcal{A}_1-\omega_1\mathcal{A}_2).$$

3° *Cas de* $\omega_2\neq0$, $\omega_{12}^2-4\omega_1\omega_2\neq0$. — On a $\lambda_1\neq\lambda_2$. Posons

$$\theta_j=\frac{\lambda_2^j-\lambda_1^j}{\lambda_2-\lambda_1}\qquad (j=0,1,2,3,\ldots).$$

$$(\mathcal{A}_1\mathcal{B}_2)^p=(-\omega_2)^{p-1}(\theta_p\mathcal{A}_1\mathcal{B}_2+\omega_1\theta_{p-1}\|1\|),\tag{1}$$

$$(\mathcal{A}_1\mathcal{B}_2)^p\mathcal{A}_1=(-\omega_2)^p\left(\theta_{p+1}\mathcal{A}_1+\frac{\omega_1}{\omega_2}\theta_p\mathcal{A}_2\right).\tag{2}$$

4° *Cas de* $\omega_2\neq0$, $\omega_{12}^2-4\omega_1\omega_2=0$. — On a $\lambda_1=\lambda_2=-(\omega_{12}/2\omega_2)$,

$$2^p(\mathcal{A}_1\mathcal{B}_2)^p=\omega_{12}^{p-1}[2p\mathcal{A}_1\mathcal{B}_2-(p-1)\omega_{12}\|1\|],\tag{3}$$

$$2^p(\mathcal{A}_1\mathcal{B}_2)^p\mathcal{A}_1=\omega_{12}^{p-1}[(p+1)\omega_{12}\mathcal{A}_1-2p\omega_1\mathcal{A}_2].\tag{4}$$

5° *Cas de* $\omega_{12}=0$. — Si p est pair, on a

$$(\mathcal{A}_1\mathcal{B}_2)^p=(-\omega_1\omega_2)^{\frac{p}{2}}\|1\|,\qquad (\mathcal{A}_1\mathcal{B}_2)^p\mathcal{A}_1=(-\omega_1\omega_2)^{\frac{p}{2}}\mathcal{A}_1,\tag{5}$$

---

(1) *Comptes rendus*, **234**, 1952, p. 2252 et 2656, et **235**, 1952, p. 860. *Voir* aussi fasc. **120** du *Mémorial des Sc. math.*

(2) Se reporter notamment au 2e renvoi de la 2e Note.

et si p est impair,

$$(6)\qquad (\mathfrak{A}_1\mathfrak{B}_2)^p = (-\omega_1\omega_2)^{\frac{p-1}{2}}\mathfrak{A}_1\mathfrak{B}_2,\qquad (\mathfrak{A}_1\mathfrak{B}_2)^p\mathfrak{A}_1 = -\omega_1(-\omega_1\omega_2)^{\frac{p-1}{2}}\mathfrak{A}_2$$

6° Prenons $A_2 = -D_1$, $B_2 = -E_1$, $C_2 = -F_1$, $D_2 = -A_1$, $E_2 = -B_1$, $F_2 = -C_1$. Nous avons $\omega_2 = \omega_1$, $\omega_{12} = -(A_1^2 + B_1^2 + \ldots + F_1^2)$, $\lambda_1\lambda_2 = 1$, $\mathfrak{A}_2 = \mathfrak{B}_1$, $\mathfrak{B}_2 = \mathfrak{A}_1$. Les formules de chacun des paragraphes 1, 1°, à 1, 5°, donnent alors, pour le cas correspondant, les *puissances* entières positives de $\mathfrak{A}_1$. On obtient facilement celles de $\mathfrak{B}_1$; et, pour $\omega_1 \neq 0$, on déduit de ces dernières les puissances entières négatives de $\mathfrak{A}_1$, puisque $\mathfrak{B}_1 = \omega_1\mathfrak{A}_1^{-1}$ quand $\mathfrak{A}_1$ n'est pas singulière.

a. En particulier, si $\omega_{12} = 2\omega_1$, on a, toujours pour p entier > 0,

$$(7)\qquad \mathfrak{A}_1^{2p} = \omega_1^{p-1}[p\mathfrak{A}_1^2 - (p-1)\omega_1\|1\|],$$

$$(8)\qquad \mathfrak{A}_1^{2p+1} = \omega_1^p[(p+1)\mathfrak{A}_1 - p\mathfrak{B}_1].$$

b. Si $\omega_{12} = -2\omega_1$, on a

$$(9)\qquad \mathfrak{A}_1^{2p} = (-\omega_1)^{p-1}[p\mathfrak{A}_1^2 + (p-1)\omega_1\|1\|],$$

$$(10)\qquad \mathfrak{A}_1^{2p+1} = (-\omega_1)^p[(p+1)\mathfrak{A}_1 + p\mathfrak{B}_1].$$

Lorsque, pour $\omega_{12} = -2\omega_1$, les coefficients $A_1, B_1, \ldots, F_1$ sont tous réels on a $A_1 = D_1$, $B_1 = E_1$, $C_1 = F_1$, $\mathfrak{B}_1 = -\mathfrak{A}_1$,

$$(11)\qquad \mathfrak{A}_1^{2p} = (-\omega_1)^p\|1\|,\qquad \mathfrak{A}_1^{2p+1} = (-\omega_1)^p\mathfrak{A}_1.$$

2. Désignons par $\mathcal{C}_1$ et $\mathcal{C}_2$ les deux *complexes linéaires*

$$(12)\qquad \varphi_1 = A_1L + B_1M + \ldots + F_1Z = 0,\qquad \varphi_2 = A_2L + B_2M + \ldots + F_2Z = 0.$$

Supposons-les non spéciaux ($\omega_1 \neq 0$, $\omega_2 \neq 0$) et soient $\mathfrak{T}_1$ et $\mathfrak{T}_2$ les polarités correspondantes. *L'homographie* $(\mathfrak{T}_1\mathfrak{T}_2)^p$ a pour matrices $(\mathfrak{A}_1\mathfrak{B}_2)^p$, qu'on sait calculer d'après ce qui précède, et $(\mathfrak{B}_1\mathfrak{A}_2)^p$, qui se déduit de $(\mathfrak{A}_1\mathfrak{B}_2)^p$. La *corrélation* $(\mathfrak{T}_1\mathfrak{T}_2)^p\mathfrak{T}_1$ a pour matrices $(\mathfrak{A}_1\mathfrak{B}_2)^p\mathfrak{A}_1$, qu'on sait également calculer, et $(\mathfrak{B}_1\mathfrak{A}_2)^p\mathfrak{B}_1$. Soit Φ le faisceau $\varphi_1 + \lambda\varphi_2 = 0$, défini par $\mathcal{C}_1$ et $\mathcal{C}_2$ quand ils sont distincts.

1° *Cas de* $\omega_{12}^2 - 4\omega_1\omega_2 \neq 0$. — Les deux complexes spéciaux de Φ sont distincts. Les formules (1) et (2) s'appliquent. $(\mathfrak{T}_1\mathfrak{T}_2)^p\mathfrak{T}_1$ est la *polarité* relative au complexe de Φ pour lequel

$$(13)\qquad \lambda = \frac{\omega_1\theta_p}{\omega_2\theta_{p+1}},\qquad \frac{\lambda - \lambda_1}{\lambda - \lambda_2} = \frac{\lambda_1^{p+1}}{\lambda_2^{p+1}}.$$

2° *Cas de* $\omega_{12}^2 - 4\omega_1\omega_2 = 0$. — Les deux complexes spéciaux de Φ sont confondus. Les formules (3) et (4) s'appliquent. $(\mathfrak{T}_1\mathfrak{T}_2)^p\mathfrak{T}_1$ est la *polarité* relative au complexe de Φ pour lequel [1]

$$(14)\qquad \lambda = -\frac{2p\omega_1}{(p+1)\omega_{12}} = \frac{p\lambda_1}{p+1},\qquad \frac{1}{\lambda - \lambda_1} = -\frac{p+1}{\lambda_1}.$$

[1] On peut aussi déduire (13) et (14) respectivement des paragraphes 48 et 49 du fascicule 120 du *Mémorial des Sciences mathématiques*.

3° *Cas de* $\omega_{12} = 0$. — Les formules (5) et (6) s'appliquent. $\mathcal{C}_1$ et $\mathcal{C}_2$ sont distincts et en *involution*. On a $\mathfrak{T}_1\mathfrak{T}_2\mathfrak{T}_1 = \mathfrak{T}_2$, $(\mathfrak{T}_1\mathfrak{T}_2)^2 = 1$, $(\mathfrak{T}_1\mathfrak{T}_2)^2\mathfrak{T}_1 = \mathfrak{T}_1$, $(\mathfrak{T}_1\mathfrak{T}_2)^3 = \mathfrak{T}_1\mathfrak{T}_2$, $(\mathfrak{T}_1\mathfrak{T}_2)^3\mathfrak{T}_1 = \mathfrak{T}_2$, ...

4° *Cas du paragraphe* 1, 6°. — $\mathcal{C}_1$ et $\mathcal{C}_2$ sont *polaires réciproques* par rapport à la *sphère* de centre O et de rayon $i = \sqrt{-1}$.

CALCUL DES PROBABILITÉS. — *Sur une généralisation de la loi de Poisson.* Note de M. **Georges Morlat**, présentée par M. Émile Borel.

Les travaux concernant la répartition d'événements dans le temps n'ont guère utilisé jusqu'ici que le schéma simple de Poisson ou des chaînes de Markoff. Cependant, dans l'étude de certaines répartitions concernant par exemple les pannes d'un matériel industriel, il peut être utile d'introduire des processus un peu plus complexes.

Nous envisageons ici la classe des répartitions « semi-stationnaires » que l'on définit en fixant une loi de probabilité arbitraire $F(u)$ pour les intervalles séparant deux événements successifs. De tels processus ont déjà été envisagés récemment par Moran [1], mais dans le seul but de construire un test permettant de juger de l'adéquation du schéma de Poisson. La présente Note vise à attirer l'attention sur l'intérêt que présentent en eux-mêmes ces processus.

Une classe qui semble particulièrement intéressante est celle où l'on prend pour loi de répartition des intervalles une loi de χ^2

$$dF(u) = K e^{-u} u^{\gamma-1}\, du \qquad (\gamma > 0).$$

On définit ainsi des répartitions dans lesquelles les événements auront tendance à se grouper davantage que dans le schéma de Poisson de même densité moyenne si $\gamma < 1$, et tendront au contraire à s'espacer plus ou moins régulièrement si $\gamma > 1$.

La loi de probabilité du nombre m d'événements contenus dans un segment de durée T, consécutif à un événement, est donnée dans ce cas par

$$P_\gamma(m) = \frac{1}{\Gamma(m\gamma)} \int_0^T e^{-y} y^{m\gamma-1} \left[1 - \frac{y^\gamma \Gamma(m\gamma)}{\Gamma[(m+1)\gamma]}\right] dy.$$

Cette loi de probabilité concerne une variable pouvant prendre toute valeur entière positive ou nulle, et généralise la loi de Poisson. Les probabilités $P_\gamma(m)$ sont faciles à calculer à l'aide des tables de la fonction Γ incomplète.

Dans le cas où γ est entier, la formule précédente peut s'écrire

$$P_\gamma(m) = \sum_{n=m\gamma}^{(m+1)\gamma-1} \frac{T^n}{n!} e^{-T}.$$

(1) *J. R. S. S.*, 1951, série B, p. 147.

On retrouve une loi de Poisson dans laquelle on a groupé les termes par séquences de longueur γ.

Les processus que nous venons d'envisager, dans le cas de γ entier, sont susceptibles d'une interprétation physique simple : ils sont obtenus à partir d'un schéma poissonnien, en numérotant les événements successifs et en « effaçant » tous ceux qui ne correspondent pas à un multiple entier de γ.

Cela suggère la généralisation suivante : considérons un processus simple de Poisson, auquel nous associons une fonction aléatoire $x(t)$ [partout nulle, sauf aux instants t_k où se produisent les événements étudiés, et où l'on aura $x(t_k)=1$].

Procédons sur la fonction $x(t)$ à un « effaçage aléatoire » défini par les règles suivantes, qui conduisent à une fonction $Z(t)$:

$$Z(t)=x(t) \qquad \text{pour tous} \quad t \notin \{t_k\};$$

pour $t=t_k$, $Z(t)$ pourra être égal à 0 ou 1 :

Si $Z(t_{k-1})=1$,

$$Z(t_k)=1 \text{ avec probabilité } p_1, \qquad =0 \text{ avec probabilité } 1-p_1;$$

Si $Z(t_{k-1})=0$ et $Z(t_{k-2})=1$,

$$Z(t_k)=1 \text{ avec probabilité } p_2, \qquad =0 \text{ avec probabilité } 1-p_2;$$

Si $Z(t_{k-1})=Z(t_{k-2})=0$, et $Z(t_{k-3})=1$,

$$Z(t_k)=1 \text{ avec probabilité } p_3, \qquad =0 \text{ avec probabilité } 1-p_3;$$

etc.

On obtient ainsi des répartitions semi-stationnaires particulières, dans lesquelles la loi de probabilité des intervalles entre deux valeurs 1 successives pour Z aura pour densité :

$$f(u)=e^{-u}\Big\{p_1+(1-p_1)p_2u+(1-p_1)(1-p_2)p_3\frac{u^2}{2!}+(1-p_1)(1-p_2)(1-p_3)p_4\frac{u^3}{3!} + \ldots + (1-p_1)\ldots(1-p_k)\,p_{k+1}\frac{u^k}{k!}+\ldots\Big\}.$$

On voit que tout processus semi-stationnaire défini par une loi de répartition des intervalles telle que $e^u f(u)$ soit analytique à l'origine, sera susceptible d'une interprétation physique de l'espèce que nous venons d'envisager, sous réserve que les valeurs des p_k que l'on pourra déterminer soient comprises entre 0 et 1.

On retrouve évidemment les processus définis à l'aide de la loi de χ^2 lorsque

$$p_1=p_2=\ldots=p_{\gamma-1}=0, \qquad p_\gamma=1.$$

Les processus que nous venons d'envisager constituent un cas particulièrement simple des processus « régénératifs » définis par Erlang ([2]).

([2]) *Cf.* par exemple, DAVID KENDALL, *J. R. S. S.*, 1952, série B, p. 167.

Comme nous l'avons indiqué au début de cette Note, ils peuvent utilement servir à représenter certains phénomènes, tels que les pannes de machines industrielles dont la répartition ne suit pas la loi de Poisson, la réparation pouvant, selon les cas, diminuer pour un temps les chances d'une nouvelle panne (*cf.* loi de χ^2 avec $\gamma > 1$) ou au contraire les augmenter (loi de χ^2 avec $\gamma < 1$).

L'étude de ces processus peut encore être considérée comme un cas très particulier de la Théorie des Ensembles renouvelés [l'ensemble étant réduit ici à une unité, et $F(u)$ étant la loi de la durée de vie].

STATISTIQUE MATHÉMATIQUE. — *Contrôle statistique par calibres modifiés d'efficacité optima.* Note (*) de M. **René Cavé**, présentée par M. Émile Borel.

L'Auteur a démontré une condition simple à réaliser pour obtenir un contrôle par calibres modifiés d'efficacité optima. Un contrôle par mesures d'effectif n_m possède dans ce cas la même efficacité qu'un contrôle par calibres d'effectif n tel que $n \sim (\pi/2) n_m$.

Dans une précédente Note [1] nous avons apporté quelques perfectionnements aux méthodes modernes de contrôle statistique par mesures, en nous servant de la notion de courbe d'efficacité et en déterminant le contrôle par les risques αp_1 βp_2 (*fig.* 1), ce qui donne deux conditions.

En utilisant le même procédé pour le contrôle par calibres modifiés, ces deux conditions doivent déterminer trois inconnues : le paramètre τ fixant le

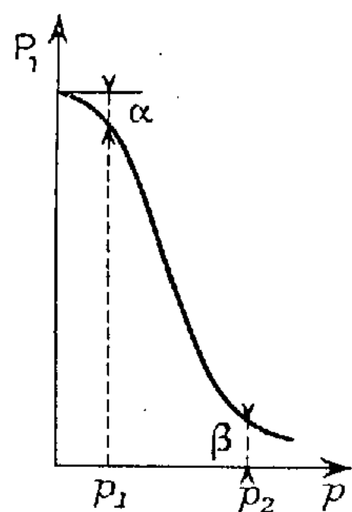


Fig. 1.

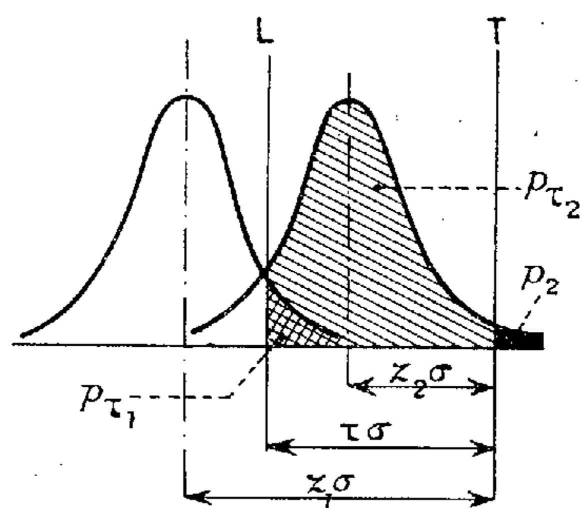


Fig. 2.

décalage $\tau\sigma$ des calibres à partir de la tolérance T (σ étant l'écart-type de la fabrication supposée normale), le nombre n de pièces à prélever et le nombre maximum k de pièces extérieures aux calibres décalés de $\tau\sigma$ (*fig.* 2) permettant

(*) Séance du 20 octobre 1952.

[1] *Comptes rendus*, 234, 1952, p. 2145.

d'accepter le réglage; le problème est indéterminé et il existe donc une solution optima correspondant à un minimum de l'effectif n (alors que d'ordinaire on utilise la solution de facilité $k=0$).

Les proportions p_1 et p_2 de pièces mauvaises sont obtenues (*fig.* 2) pour des distances de la moyenne de la fabrication à la tolérance égales à $z_1\sigma$ et $z_2\sigma$ et correspondent à des proportions p_{τ_1} et p_{τ_2} de pièces extérieures à la limite L à $\tau\sigma$ de la tolérance; ces quatre quantités constituent quatre inconnues auxiliaires, soit sept en tout. En posant

$$F(z)=\frac{1}{\sqrt{2\pi}}\int_{-\infty}^{z} e^{-\frac{x^2}{2}}\,dx,$$

les inconnues doivent vérifier les trois équations

$$(1)\qquad \begin{cases} p_1=F(z_1), \qquad p_{\tau_1}=F(z_1-\tau), \\ 1-\alpha=\displaystyle\sum_{r=0}^{r=k} C_n^r p_{\tau_1}^k(1-p_{\tau_1})^{n-r}=1-\frac{\displaystyle\int_0^{p_{\tau_1}} t^k(1-t)^{n-k}\,dt}{\displaystyle\int_0^1 t^k(1-t)^{n-k}\,dt}, \end{cases}$$

pour satisfaire au risque αp_1 et trois équations analogues (1') obtenues en remplaçant l'indice 1 par 2 et $1-\alpha$ par β pour satisfaire au risque βp_2. L'introduction de la fonction Bêta incomplète $B_p(k+1,\ n-k)$ dans la dernière équation (identique à la loi binomiale pour n et k entiers) nous permet de déterminer plus facilement l'optimum pour des valeurs quelconques de n et k, en ne retenant que les valeurs entières pour la pratique.

En prenant des différentielles totales de (1) et (1') ce problème d'extremum nous donne une septième équation et l'ensemble des sept équations est vérifié si l'on prend

$$(2)\qquad \tau=\frac{z_1+z_2}{2},$$

$$(3)\qquad n=2k+1;$$

n et k sont déterminés par les deux dernières équations (1) ou (1').

La condition (3) est possible en pratique si n est impair pour que n et k soient entiers. La condition (2) est identique à la condition correspondante dans le cas des mesures. Le point d'indifférence ($P=0{,}50$) est de même obtenu pour un décalage de la moyenne $\tau\sigma$ pour lequel on a $p_\tau=F(\tau)$.

Nous avons de même montré que parmi toutes les courbes d'efficacité de même point d'indifférence (τ constant) celle qui a la pente maxima en ce point pour n fixé est obtenue pour $n=2k+1$.

Nous avons établi des abaques pratiques en axes z_1 et z_2 gradués en p_1 et p_2, les courbes $n=$ const. et $\tau=$ const. [formule (2)] étant des droites parallèles aux deux bissectrices. Pour obtenir les courbes $n=$ const., il suffit de tirer p_{τ_1},

de la troisième équation (1) d'où

$$p_{\tau_1} = F(z_{p_{\tau_1}}), \quad \text{c'est-à-dire} \quad z_{p_{\tau_1}} = z_1 - \tau.$$

De même avec les équations (1') $z_{p_{\tau_2}} = z_2 - \tau$. D'où les courbes à n constant

$$z_1 - z_2 = z_{p_{\tau_1}} - z_{p_{\tau_2}} = 2 z_{p_\tau},$$

car $p_{\tau_1} + p_{\tau_2} = 1$ si $2\tau = z_1 + z_2$: ce n'est que lorsque les relations (2) et (3) sont vérifiées que les courbes τct sont des droites.

En utilisant le résultat de la précédente Note, nous pouvons comparer les effectifs n_m par mesures et n par calibres d'efficacité équivalente, on a

$$z_1 - z_2 = \frac{2 z_\alpha}{\sqrt{n_m}} = 2 z_{p_{\tau_1}}.$$

D'où

$$\sqrt{n_m} = \frac{z_\alpha}{z_{p_{\tau_1}}} = f(n, p_1).$$

Nous avons montré, qu'avec une erreur absolument négligeable en pratique cette formule est indépendante de p_1 et que l'on a

$$\sqrt{n_m} \sim \left(\frac{\partial z_\alpha}{\partial z_{p_{\tau_1}}}\right)_{p_\tau = 0,50} = \frac{n\,!}{[k\,!]^2 2^{n-1}},$$

c'est-à-dire, en utilisant la formule de Stirling

$$n_m \sim \frac{2n}{\pi}\left(1 - \frac{5}{6n} + \frac{73}{72 n^2} + \ldots\right).$$

En pratique, il suffit donc de prendre par calibres un effectif de 50 % supérieur à l'effectif n_m par mesures pour obtenir une efficacité équivalente, en utilisant les relations (2) et (3), ce qui réhabilite de façon certaine l'utilisation des calibres parce que moins coûteuse. Cette théorie, de même que celle de la précédente Note, peut s'appliquer à la réception de lots d'écarts-types connus.

MÉCANIQUE. — *Sur l'origine des impossibilités et des indéterminations dues aux liaisons.* Note de M. **François Gallissot**, présentée par M. Henri Villat.

Nous appliquons les résultats de notre Note précédente [1] dont nous reprenons les notations. Nous discutons ci-après les éventualités qui peuvent se présenter à l'époque t_0 dans un système matériel à n degrés de liberté (coordonnées hamiltoniennes p_i, q^i) astreint à p liaisons $a^h = 0$ ($h = 1$ à p).

---

[1] F. Gallissot, *Comptes rendus*, **234**, 1952, p. 2148 (Note désignée par G dans la suite) et Communications au 77e Congrès des Sociétés savantes (sous presse).

Définition. — Une liaison $a^h(p_L, q^L, t) = 0$, $\Omega_a = \lambda_h l_i^h\, dq^i \wedge dt$, $\lambda_h \geq 0$ (équivalente à la puissance $P = \lambda_h l_i^h q^L$) sera dite de classe U si en supprimant cette liaison à l'instant t_0 (donc aussi les forces nécessaires à sa réalisation) le mouvement qui se produit ultérieurement est tel que a^h garde un signe constant dans le voisinage à droite de t_0. Nous prendrons $a^h > 0$. Les résultats ci-après intéressent la catégorie des mouvements à l_i^h connus *a priori* (2). Notre analyse englobe donc le cas des systèmes appelés S astreints à des liaisons : 1° du type d'Appell (3) comprenant comme cas particulier le type holonome et le type linéairement non holonome; 2° avec frottement, vitesses de glissement non nulles pour t_0; 3° avec certains asservissements.

Utilisant la méthode indiquée dans la Note G, les équations différentielles du mouvement s'interprètent géométriquement dans l'espace euclidien E_{2n+1}

$$\frac{d\vec{M}}{dt} = \vec{f} + \lambda_h \vec{l}_i^h.$$

Considérons alors en M le sous-espace E_p défini par les p vecteurs $\vec{a}^1; \vec{a}^2, \ldots, \vec{a}^p$, normaux respectivement à chacune de ces variétés et orientés respectivement dans le sens $a^h > 0$, et dans ce sous-espace les vecteurs $\vec{A}^1, \vec{A}^2, \ldots, \vec{A}^p$, définis par la matrice $\| - r^{hk} \|$,

$$\| \vec{A}^h \| = \| - r^{hk} \| . \| \vec{a}^k \| \quad \text{avec} \quad \| r^{hk} \| = \| A \| . \| L \|, \qquad \| A \| = \left\| \frac{\partial a^h}{\partial r_i} \right\|, \qquad \| L \| = \| l_i^h \|.$$

Théorème I. — *L'expression vectorielle* $d\vec{a}/dt + \lambda_h \vec{A}^h = \vec{\alpha}$ *et plus généralement* $\left(d^{n+1}\vec{a}/dt^{n+1}\right)_0 + \sum_1^p (d^n\lambda_h/dt^n)_0 \vec{A}_0^h$ *dans le cas où* $\alpha = 0$ *ainsi que ses* $(n-1)$ *dérivées premières, ne dépendent que des conditions initiales et des forces autres que les forces de liaisons appliquées au système.*

En considérant les 2^p p-èdres de E_p définis en prenant un vecteur dans chaque colonne du tableau

$$\vec{a}^1\ \vec{a}^2\ \vec{a}^3, \ldots\ \vec{a}^p,$$
$$\vec{A}^1 \vec{A}^2 \vec{A}^3 \ldots \vec{A}^p,$$

à toute décomposition à composantes positives de $\vec{\alpha}$ suivant les arêtes d'un p-èdre correspond un mouvement. Les conditions d'unicité, d'indéterminations, d'impossibilités résultent de la configuration dans E_p de la gerbe des $2p$ vecteurs $\vec{a}^1, \vec{a}^2, \ldots, \vec{a}^p, \vec{A}^1, \vec{A}^2, \ldots, \vec{A}^p$. Appelons région intérieure à un p-èdre

(2) Dans une prochaine Note nous envisagerons le cas des l_i^h non déterminées *a priori*, ce qui correspond au cas des vitesses de glissement nulles à l'instant t_0.

(3) *Comptes rendus*, **152**, 1911, p. 1197.

la région pour laquelle les composantes de $\vec{\alpha}$ par rapport à ce p-èdre sont toutes positives.

THÉORÈME II. — *La condition nécessaire et suffisante pour que toutes les régions intérieures aux 2^p p-èdres n'aient aucun domaine à p dimensions en commun est que tous les mineurs diagonaux qu'on peut extraire de la matrice $\|r^{hk}\|$ soient positifs.*

Cas particuliers. — Les conditions précédentes sont toujours satisfaites dans les deux cas suivants :

1° La forme quadratique $\Psi = (1/2)(r^{hk} + r^{kh})\chi_h \chi_k$ est définie positive dans E_p.

2° La matrice $\|r^{hk}\|$ est symétrique et la forme quadratique associée est définie positive.

Il résulte de là les conséquences suivantes :

THÉORÈME III. — *Le système* S *(p liaisons de classe* U*) peut, dans le voisinage à droite de t_0, présenter 2^p éventualités au plus. Les conditions initiales ne déterminent un mouvement unique que si tous les mineurs diagonaux extraits de la matrice* A. L. *sont positifs.*

COROLLAIRE. — *Pour un système* S *astreint à des liaisons du type d'Appell — qui comprend comme cas particulier les liaisons holonomes et linéairement non holonomes — les conditions initiales suffisent pour déterminer le mouvement ultérieur.*

Pour les autres types de liaisons, les conditions initiales peuvent n'être pas suffisantes. C'est ce qui se produit en particulier dans les systèmes de solides en contact avec frottement. Pour lever les indéterminations il faut adjoindre des conditions supplémentaires telles que $da^h/dt > 0$, ou $\lambda^h > 0$ (1).

MÉCANIQUE DES FLUIDES. — *Sur une méthode de construction de profils par combinaison de deux ou plusieurs profils analytiques.* Note (*) de M. **ANDRÉ PAPON**, présentée par M. Joseph Pérès.

La combinaison d'un profil à pointe avec un profil à bord de fuite arrondi permet d'obtenir des formes mieux adaptées à la construction et admettant une distribution de vitesse qui retarde le décollement de la couche limite et les effets de compressibilité.

Soit une fonction $z_1 = g(\zeta)$ appliquant l'extérieur d'un contour fermé (C_1) du plan ζ sur l'extérieur d'un profil d'aile P_1 dans le plan z_1. Nous supposerons que tous les points singuliers de la représentation conforme $z_1 = g(\zeta)$ sont à

(1) Après la publication de G j'ai eu connaissance des travaux de M. Lichnerowicz qui, dans un article du *Bulletin des Sciences mathématiques*, Tome LXX, 1946, p. 90, a introduit les formes extérieures pour la formation des équations des systèmes holonomes et linéairement non holonomes. Dans ces cas sa priorité est donc incontestable; toutefois les cas que nous envisageons sont plus généraux.

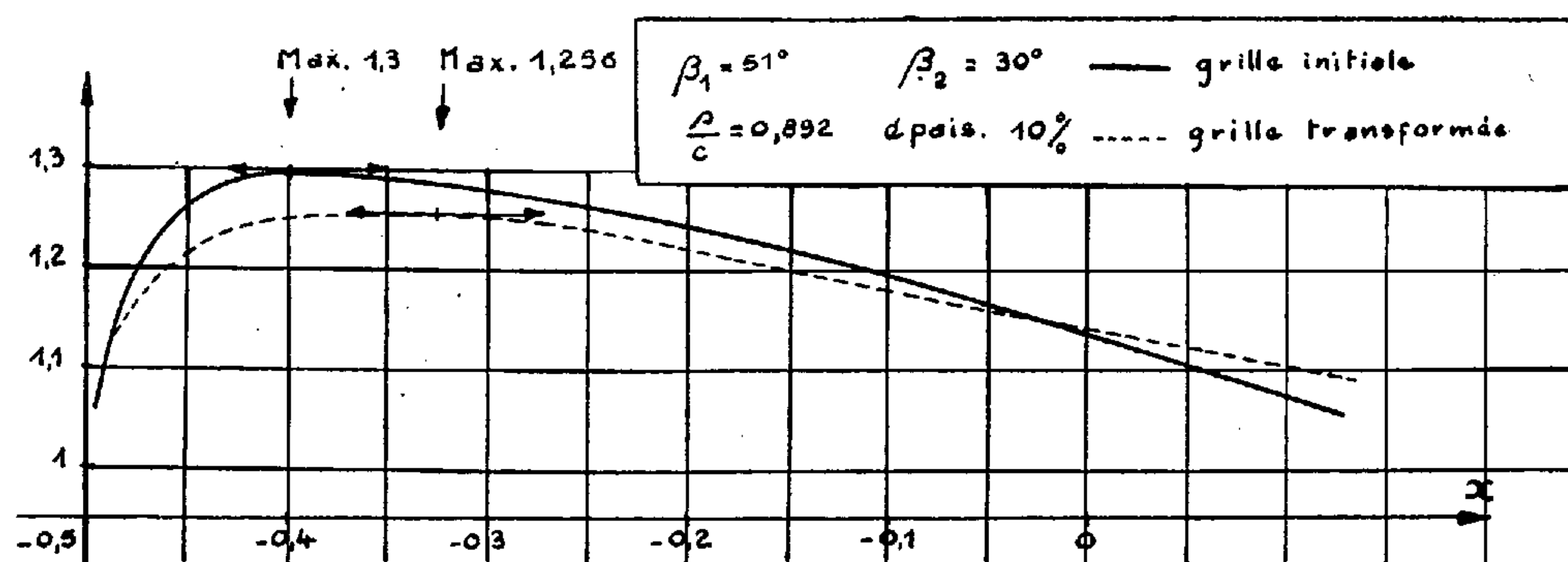
(*) Séance du 13 octobre 1952.

l'intérieur de (C_1), l'un d'eux pouvant se trouver sur (C_1). Considérons également la fonction $z_2 = g(\zeta_1)$ où $\zeta_1 = \zeta - \delta$ appliquant l'extérieur du contour sur l'extérieur d'un profil d'aile P_2 dans le plan z_2. Cette transformation ne diffère de la précédente que par une translation des points singuliers [δ complexe étant choisi tel que les points singuliers restent à l'intérieur de (C_1)].

Considérons maintenant la transformation

$$z = \frac{z_1 + \lambda z_2}{1 + \lambda}, \tag{1}$$

elle transformera le contour (C_1) en un profil P dont la forme géométrique sera une combinaison des formes des deux profils P_1 et P_2; d'autre part il sera possible en agissant sur le paramètre λ d'obtenir un profil ayant des propriétés



aérodynamiques déterminées, d'après la connaissance de celles de P_1 et P_2. En particulier, la distribution des vitesses s'obtient simplement : si $dW/d\zeta$ représente la vitesse complexe autour de (C_1), on a

$$\frac{dW}{dz} = \frac{\frac{dW}{d\zeta}}{\frac{dz}{d\zeta}}, \qquad \text{avec} \qquad \frac{dz}{d\zeta} = \frac{\frac{dz_1}{d\zeta} + \lambda \frac{dz_2}{d\zeta}}{1 + \lambda}.$$

On remarquera que le paramètre λ est soumis à des conditions restrictives pour que les points singuliers de la fonction z soient à l'intérieur de (C_1), l'un d'eux au plus pouvant être sur (C_1) et pour que (P) ne présente pas de points doubles.

Dans le cas où le profil P aurait un bord de fuite arrondi, la circulation devra être telle que le point de vitesse nulle se trouve au point de courbure maximum du profil, point qu'on peut déterminer facilement [1].

La transformation (1) se généralise sans peine, la combinaison pouvant porter sur un nombre de profils supérieurs à deux.

---

[1] A. PAPON, *Comptes rendus*, **230**, 1950, p. 1931.

Si δ a été choisi tel que les points de courbure maximum des profils P_1 et P_2 correspondent au même point M de (C_1), on calcule facilement le rayon de courbure au voisinage du bord d'attaque du profil P. En conservant les notations d'une Note précédente ([1]) il est donné par la formule

$$R = \frac{R_1 R_2 (r_1 + \lambda r_2)^2}{(1+\lambda)(r_1^2 R_1 + \lambda r_2^2 R_2)}$$

et il est minimum au transformé du point M sur le profil P. Si les profils P_1 et P_2 ont un bord de fuite arrondi, on pourra, dans les mêmes conditions, appliquer la formule précédente pour calculer le rayon de courbure minimum au bord de fuite du profil P; sinon on utilisera la méthode générale ([1]).

Cette transformation s'applique également au calcul théorique des profils d'aubes de compresseur et de turbine.

Elle permet d'obtenir des profils répondant aux données initiales soient β_1 et β_2 angles d'entrée et de sortie de l'air et s/c rapport pas sur corde et dont en outre l'épaisseur maximum peut être fixée en grandeur et position. Il nous est ainsi possible de déplacer vers la pointe arrière le point de l'extrados ou la vitesse passe par un maximum, et d'abaisser la valeur de ce maximum (voir *figure*).

PHYSIQUE DES SURFACES. — *Extension de la loi de Traube-Duclaux à l'adsorption des acides gras saturés sur la paraffine.* Note (*) de Mme **Lina Guastalla**, transmise par M. Jacques Duclaux

Le coefficient de la règle de Traube-Duclaux, sensiblement égal à 3 pour l'adsorption des acides gras saturés à la surface libre de leurs solutions aqueuses, devient égal à 3,85 pour l'adsorption des mêmes corps à la surface de la paraffine solide. Extension à l'adsorption par prélèvement de films stables.

A. *Adsorption des acides en solution.* — Pour un certain nombre d'acides gras saturés solubles (C_2 à C_{12}) en solution dans HCl 0,01 N, on a étudié :

a. l'adsorption aux surfaces libres (tracé des courbes représentant les pressions superficielles p en fonction des concentrations molaires) ([1]);

b. l'absorption sur la *paraffine solide* (tracé des courbes représentant les pressions interfaciales p_i en fonction des concentrations molaires) ([2]).

Ce travail a été fait (vers 20° C) à l'aide d'un tensiomètre de mouillage à deux fils de torsion. Les valeurs de p et de p_i correspondent à l'équilibre d'adsorption ([3]).

(*) Séance du 13 octobre 1952.

([1]) Ceci à titre de contrôle.

([2]) Rappelons que la pression interfaciale p_i se définit comme la différence des tensions d'adhésion mesurées en plongeant la lame paraffinée dans le solvant pur et dans la solution.

([3]) *Cf.* L. P. Guastalla, *J. Chim. Phys.*, **48**, 1951, p. 215.

La règle de Traube-Duclaux, sous sa forme classique, est relative aux films adsorbés à la surface libre. Elle n'est valable en toute rigueur qu'aux dilutions extrêmes. Pour la mettre en évidence, on trace les courbes d'adsorption aux surfaces libres ($p - c_{mol}$) pour la série des acides gras étudiés; on mène les tangentes à l'origine de toutes ces courbes, puis on porte les logarithmes des pentes de ces tangentes en fonction du nombre d'atomes de carbone. Pour les premiers acides jusqu'en C_7, les points se placent sur une droite. Mme Saraga a montré récemment ([4]) que le point correspondant à l'adsorption du film gazeux d'acide laurique (dernier terme soluble) s'aligne sur la même droite. La pente de cette droite montre que le coefficient qui représente l'augmentation de l'adsorbabilité lorsqu'on passe d'un terme au suivant est très voisin de 3. L'application des conceptions de Langmuir ([5]) permet de calculer l'énergie d'émersion par CH_2, soit 440.10^{-16} ergs environ.

On a opéré de la même façon à partir des courbes représentant les *pressions interfaciales* p_i des films adsorbés sur la paraffine, en portant les logarithmes des pentes des tangentes à l'origine de ces courbes en fonction du nombre d'atomes de carbone; on obtient une droite différente de la précédente; les deux droites se coupent sensiblement au point d'abscisse C_2 (pour l'acide acétique les courbes des p_i et des p sont à peu près confondues) (*fig.* 1). La pente de la deuxième droite permet le calcul du coefficient de Traube relatif à l'adsorption sur la paraffine : on trouve non plus 3, mais 3,85 environ ([6]). L'énergie correspondant à l'adsorption de 1 CH_2 est ici environ 540.10^{-16} ergs.

La différence des deux énergies d'adsorption par CH_2 est petite (100.10^{-16} ergs), mais son effet devient notable quand la chaîne est suffisamment longue. Le *rapport des pentes des tangentes* à l'origine à la courbe des p_i et à la courbe des p croît, lorsqu'on passe d'un terme au suivant, dans la proportion $3,85/3 = 1,28$ environ. Si l'on évalue ce rapport pour l'acide laurique, sachant qu'il est égal à 1 pour l'acide acétique, on trouve $(1,28)^{10} = 11,9$, ce qu'on peut contrôler sur les courbes des p_i et des p relatives à l'acide laurique aux grandes dilutions (rapport des pentes de l'ordre de 12).

B. *Extension à l'adsorption sur la paraffine par prélèvement d'un film étalé (acide myristique).* — Les courbes $p_i - c/A$ et $p - c/A$ des couches superficielles d'acide myristique ([7]) ont été construites en intégrant l'équation de

---

([4]) L. SARAGA, *Thèse de Doctorat* (à paraître).

([5]) *J. Am. Chem. Soc.*, 39, 1917, p. 1848.

([6]) Ce résultat est en désaccord avec celui de Fowkes et Harkins (*J. Amer. Chem. Soc.*, 62, 1940, p. 3377). Ces auteurs (qui n'ont étudié que l'adsorption des trois premiers termes, par une technique indirecte et délicate) concluent que le coefficient de Traube est le même à la surface libre et sur la paraffine.

([7]) *Cf.* L. P. GUASTALLA, *Comptes rendus*, 234, 1952, p. 2051.

Gibbs, comme l'a indiqué Mme Saraga [8] en supposant la couche en équilibre avec une zone liquide immédiatement sous-jacente de concentration c ; l'intégration introduit une constante arbitraire A. La figure 2 représente la courbe d'adsorption ainsi calculée ($p - c/A$) pour l'acide myristique, en couche

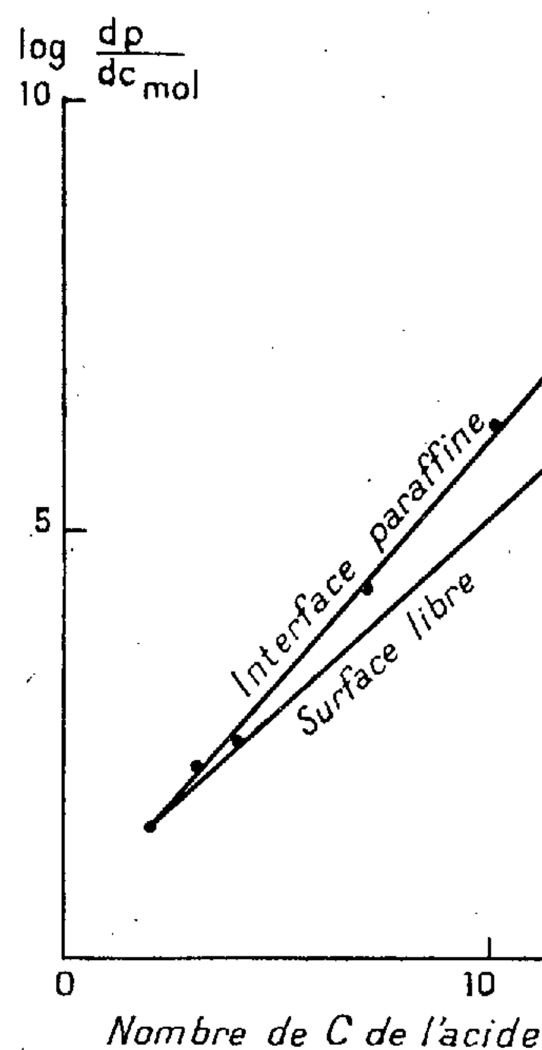


Fig. 1.

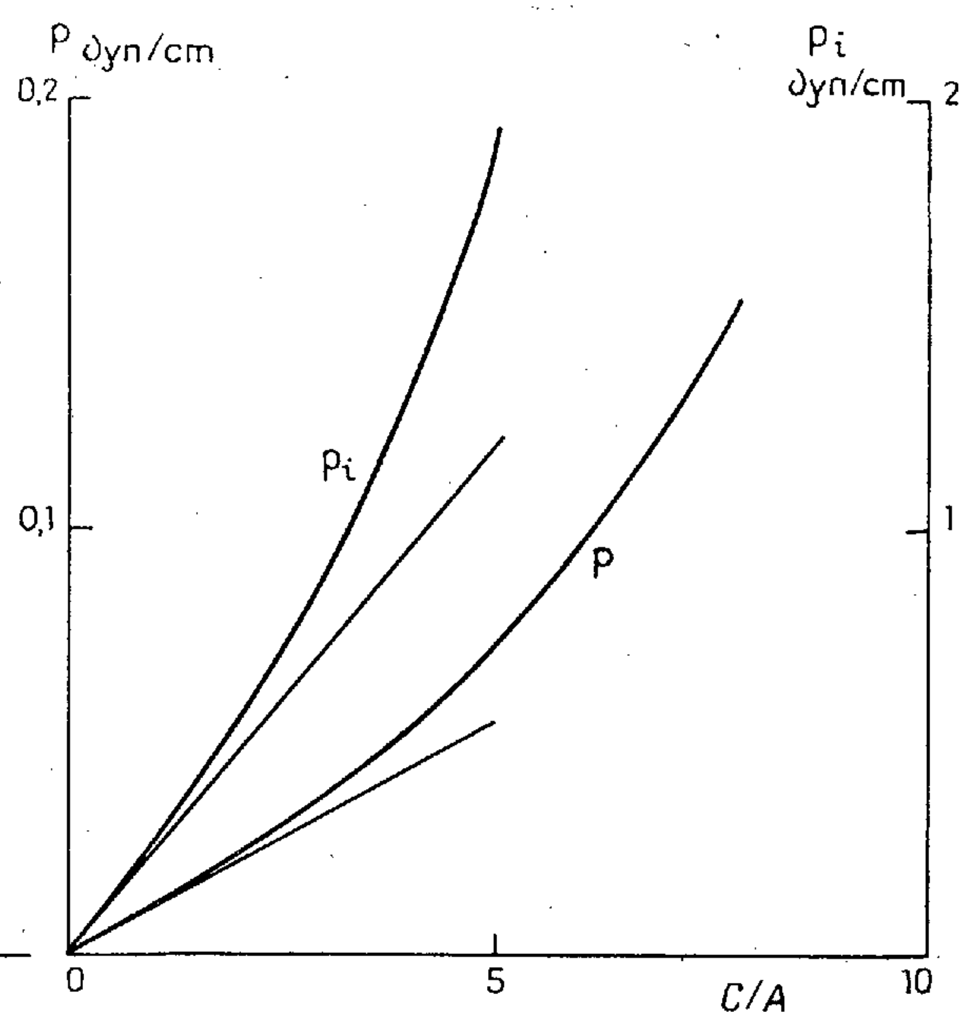


Fig. 2.

gazeuse, à partir d'une isotherme établie par J. Guastalla, et la courbe représentant les pressions interfaciales correspondantes données par l'expérience ($p_i - c/A$), à une échelle d'ordonnées dix fois plus petite que la précédente. On constate que les pentes des tangentes à l'origine sont dans un rapport voisin de 20, ce qui correspond bien à l'extrapolation au terme en C_{14} de la loi de Traube-Duclaux avec ses deux coefficients différents. Cette concordance paraît nous autoriser à utiliser la loi de Traube-Duclaux pour graduer en concentrations vraies les courbes d'adsorption calculées de l'acide myristique, pratiquement insoluble.

([8]) *Comptes rendus*, **228**, 1949, p. 822; **231**, 1950, p. 46.

ÉLECTRICITÉ. — *L'émission électronique secondaire de quelques métaux sous l'impact d'ions positifs de lithium.* Note de M. **Georges Couchet**, présentée par M. Gustave Ribaud.

Description du dispositif expérimental permettant de mesurer l'émission électronique secondaire sous l'impact d'ions positifs. Premiers résultats obtenus pour quelques métaux utilisés en microscopie électronique.

L'utilisation récente des ions alcalins en microscopie ionique par émission ([1]) et par transmission ([2]) nous a conduit à étudier l'émission électronique secondaire qu'ils provoquent par impact sur les métaux fréquemment utilisés en microscopie, en nous plaçant dans des conditions expérimentales identiques à celles qui sont rencontrées dans ce domaine.

1. *Dispositif expérimental.* — 1° La source d'ions est constituée par un filament F de tantale recourbé en V et portant à son extrémité une petite boule de la substance qui émet des ions. Cette boule a été obtenue par la fusion sous vide de quelques centigrammes de sel triple Li_2O, Al_2O_3, $2SiO_2$ dont la synthèse à partir des constituants a été faite au four solaire en utilisant une méthode qui sera décrite ultérieurement. Un Wehnelt W, dont la position peut être réglée par rapport au filament et qui est porté à un potentiel positif réglable par rapport à ce dernier, permet de modifier l'ouverture et l'intensité du faisceau d'ions lithium qui tombe sur la cible. L'accumulateur qui sert au chauffage du filament, ainsi que les piles et le potentiomètre qui permettent de régler la tension du wehnelt sont disposés sur un bâti isolant porté à la haute tension.

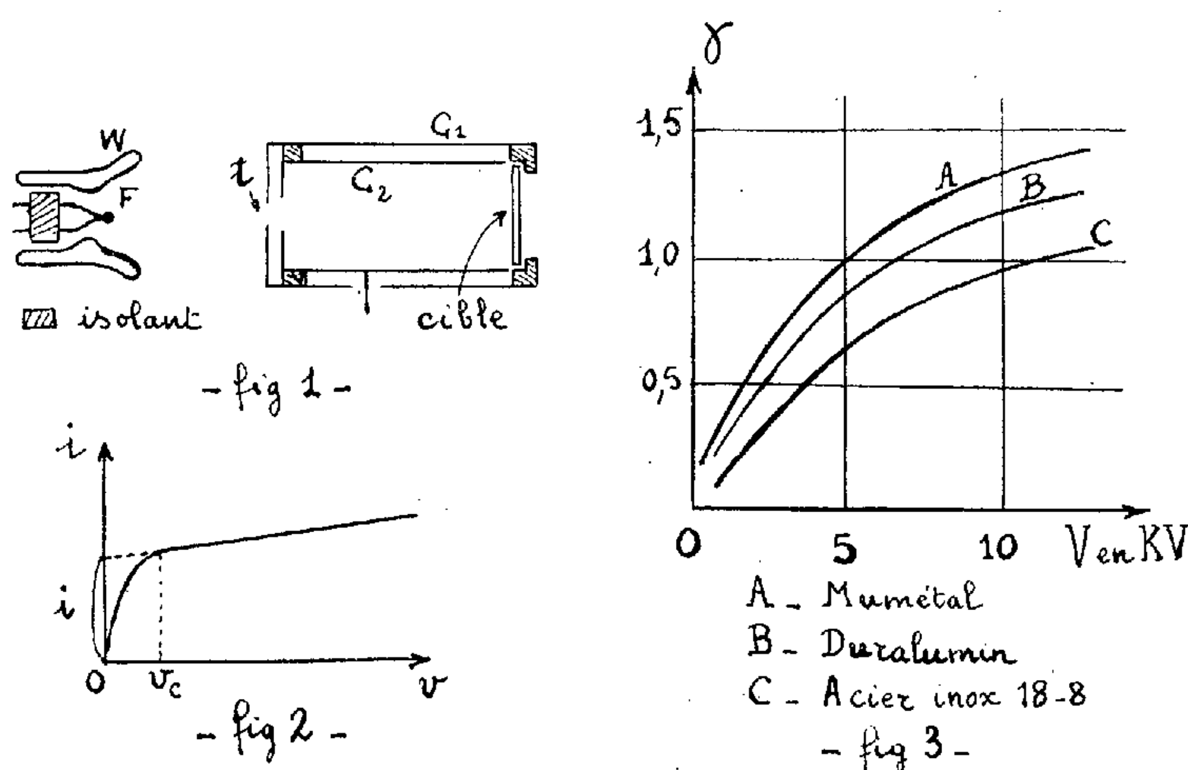
2° La cible est une rondelle du métal étudié (diamètre, 18 mm; épaisseur, 1 mm). Elle a été soigneusement nettoyée, puis polie dans les mêmes conditions que les électrodes des lentilles électrostatiques. Elle est supportée par une bague isolante fixée au fond du cylindre C_1 relié à la terre. Les ions positifs, après avoir traversé le trou t_1, pénètrent dans le cylindre collecteur C_2. L'ouverture du faisceau d'ions et les dimensions des cylindres sont choisis de telle sorte qu'aucun ion ne peut tomber directement sur C_2. Les électrons secondaires émis par la cible sont recueillis par le cylindre collecteur C_2 isolé de C_1.

L'ensemble filament-wehnelt est porté à une haute tension positive V par rapport à la cible qui est reliée à la terre par l'intermédiaire d'un galvanomètre G_1. La tension V, variable de 1000 à 13 000 V définit l'énergie

([1]) G. Couchet, M. Gauzit et A. Septier, *Comptes rendus*, **233**, 1951, p. 1087.
([2]) M. Gauzit, *Comptes rendus*, **233**, 1951, p. 1586.

des ions incidents. Le collecteur C_2 est porté à un potentiel positif variable φ (de 0 à 100 V) par rapport à la cible. Un deuxième galvanomètre G_2 est intercalé sur le circuit du collecteur (*fig.* 1).

2. *Marche d'une expérience.* — Appelons I l'intensité du courant d'ions positifs tombant sur la cible et i l'intensité du courant électronique secondaire. Les galvanomètres G_1 et G_2 permettent les mesures de $I + i$ et i. On en déduit la valeur du coefficient γ d'émission secondaire qui est égal au nombre d'électrons émis par ion incident.



Le réglage de l'intensité du courant d'ions se fait en agissant sur la température du filament et sur la polarisation du Wehnelt. Après quelques minutes de bombardement l'émission secondaire se stabilise et l'on mesure i en fonction de φ. Après une montée rapide qui correspond à la collection des électrons secondaires, la courbe présente une partie parfaitement rectiligne (pour $\varphi > \varphi_c$) qui est légèrement inclinée sur l'axe par suite d'une faible conductibilité des isolants. L'extrapolation pour $\varphi = 0$ permet d'obtenir la vraie valeur i du courant d'électrons secondaires (*fig.* 2). L'impact du faisceau d'ions sur la cible étant nettement visible, on vérifie, après l'expérience, que la surface de cet impact ne recouvre que la partie centrale de la cible afin d'être sûr qu'aucun ion n'a pu atteindre directement C_2.

3. *Résultats.* — La figure 3 donne les résultats concernant la variation de γ en fonction de l'énergie des ions pour des ions lithium et des cibles de duralumin, d'acier inoxydable et de mumétal. Le coefficient γ est une fonction croissante de l'énergie des ions, et il atteint la valeur critique pour des énergies de quelques milliers de volts dépendant de la nature de la cible.

Le dispositif expérimental décrit ici ne permet pas de donner aux ions une énergie supérieure à 13 000 V. Il serait intéressant de poursuivre les mesures pour des tensions plus élevées. Nous avons construit, dans ce but, un autre dispositif qui sera décrit ultérieurement.

OPTIQUE ÉLECTRONIQUE. — *Contrôle de l'action chimique du faisceau pendant la prise des clichés de diffraction électronique. Cas du chlorure de cobalt hydraté.* Note (*) de Mme **René Lecuir** et M. **René Lecuir**, transmise par M. Paul Pascal.

La destruction de l'échantillon pendant la prise du cliché nous a conduits à mesurer directement l'absorption d'énergie du faisceau. La précision de nos mesures est suffisante pour permettre de suivre les détails de la décomposition de l'échantillon.

Application au chlorure de cobalt.

Nous avons précédemment montré ([1]) que la prise des clichés de diffraction électronique permettait de suivre les modifications de structure d'un composé (nitrate de cuivre hydraté, chlorure de magnésium hydraté) au cours d'un traitement thermique sous vide dans l'appareil lui-même.

Pour suivre la décomposition sous vide du chlorure hydraté d'un métal plus lourd (comme le cobalt), nous avons dû étudier systématiquement la destruction de ce sel sous l'effet du faisceau pendant la prise du cliché, afin de déterminer les conditions pour lesquelles ce facteur devient négligeable. L'expérience montre, en effet, l'apparition incohérente de diagrammes aberrants, pouvant aller jusqu'à celui de l'oxyde obtenu normalement à des températures de 400°, lorsque croît l'épaisseur de l'échantillon et l'intensité du faisceau qui le traverse.

L'épaisseur de l'échantillon est difficilement mesurable et il est, de plus, nécessaire de tenir compte des effets dus aux sommets et arêtes des cristaux en fonction de la charge électrostatique qui se développe aux épaisseurs croissantes.

Ces causes d'erreurs sont éliminées lorsque l'énergie du faisceau absorbée par l'échantillon est pratiquement nulle. Elle peut être mesurée, en première approximation, en fonction de la différence des intensités du courant déterminé par le faisceau seul frappant une plaque métallique isolée reliée à un microampèremètre très sensible et du courant déterminé par le faisceau après traversée de l'échantillon. Ces mesures sont faites après la prise du cliché, en ordre inverse de l'énoncé précédent, par substitution de la plaque métallique isolée à la plaque photographique.

(*) Séance du 20 octobre 1952.

([1]) Mme René Lecuir et M. René Lecuir, *Comptes rendus*, **234**, 1952, p. 93 et **234**, 1952, p. 832.

Le chlorure de cobalt hydraté donne successivement le diagramme du chlorure bihydraté, une structure correspondant à une maille voisine de celle du chlorure anhydre, puis l'apparition d'un sel caractérisé par les raies 3,50 et 2,80 Å, auquel succède le diagramme de l'oxyde seul.

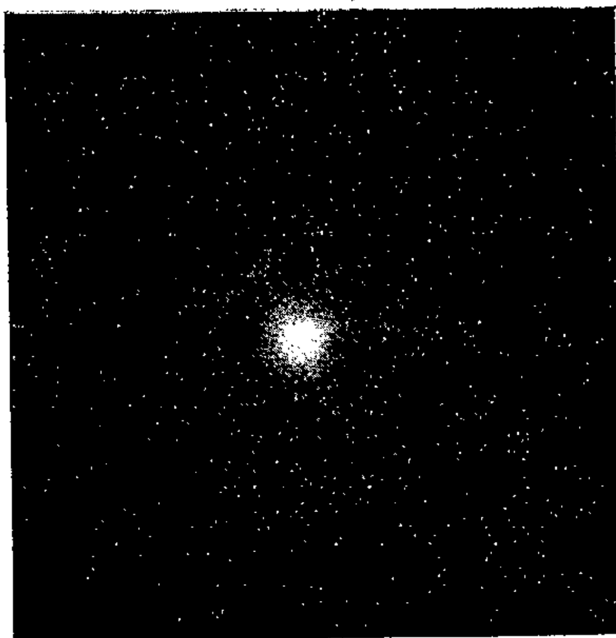


Fig. 1.

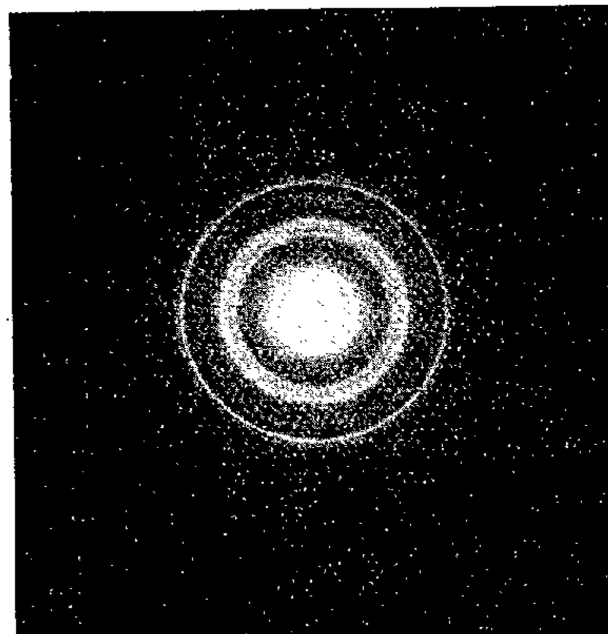


Fig. 2.

Les clichés caractéristiques obtenus à une température donnée sont alors identiques pour une même courbe : temps-température. Le premier cliché pris après avoir porté l'échantillon à une température donnée est identique à celui obtenu à la même température après la prise des clichés

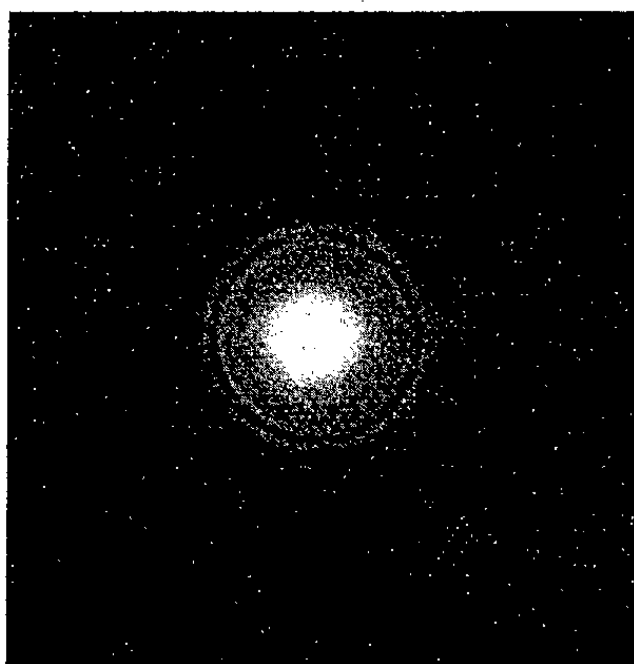


Fig. 3.

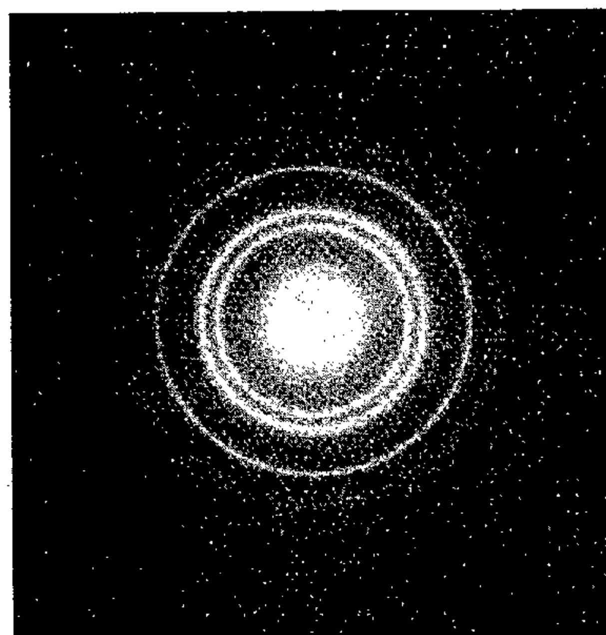


Fig. 4.

antérieurs. La formation de l'oxyde à partir du chlorure hydraté n'est donc pas due à une hydrolyse produite par le faisceau et les conditions opératoires suffisantes pour éviter une modification thermique de la structure des composés pendant la prise du cliché.

Les produits intermédiaires observés correspondent bien par suite à des sels basiques formés par hydrolyse et nous poursuivons l'étude de leurs structures en fonction des variables temps-température.

PHYSIQUE CORPUSCULAIRE. — *Sur une corrélation angulaire électron-électron.* Note (*) de M. **Jacques Marcel Blum**, présentée par M. Louis de Broglie.

L'existence d'une corrélation angulaire, entre les directions d'émission des photoélectrons primaires et des électrons Auger associés, semble résulter d'études effectuées dans des émulsions photographiques, au Laboratoire de Chimie Physique de la Faculté des Sciences de Paris. On indique ici les conditions expérimentales et les difficultés à trouver une explication théorique satisfaisante.

M. Pierre Auger, parlant de l'angle entre les directions d'émission des photoélectrons primaires et des électrons Auger associés a noté à la fin de sa Thèse :

« Une étude statistique de la distribution de ces angles entre o et 180° pourrait montrer si la répartition est uniforme dans un plan ou dans l'espace, c'est-à-dire si le tertiaire (1) part au hasard dans un certain plan fixé, qui contient le secondaire ou s'il est émis d'une façon isotrope dans l'espace. »

J'ai entrepris cette étude statistique à l'aide de plaques photographiques sensibles aux électrons, suivant une technique indiquée précédemment (2). Je me suis servi, pour obtenir les photoélectrons, du rayonnement $K\alpha_2$ du tungstène qui impressionne la plaque le long d'une raie spectrale linéaire. J'ai mesuré les longueurs des traces, ainsi que l'angle entre la direction générale de la raie spectrale et les directions d'émission des électrons primaires ou Auger.

En comparant les longueurs des traces à la courbe d'étalonnage établie précédemment (2), j'ai pu distinguer, parmi les photoélectrons primaires provenant d'une couche K et qui étaient accompagnés d'un électron Auger produit lors du retour à l'état stable de cette même couche, ceux qui provenaient d'un atome d'argent et ceux issus du brome. Les mesures furent faites sur deux plaques (Ilford G_5 200 μ) dont les émulsions n'avaient pas été fabriquées en même temps et qui furent développées différemment, l'une à l'amidol « à sec », l'autre au glycin; mais pour les deux le dévelop-

(*) Séance du 20 octobre 1952.

(1) Le photoélectron primaire et l'électron Auger furent appelés par M. Auger : électron secondaire et électron tertiaire.

(2) J. M. Blum, *Comptes rendus*, **228**, 1949, p. 918 ; J. M. Blum, *Journ. de Phys.*, **12**, 1951, p. 860; B. Gauthe et J. M. Blum, *Comptes rendus*, **234**, 1952, p. 2189.

pement a été fait par la méthode du cycle de température [3] de façon qu'il soit uniforme dans toute l'épaisseur de l'émulsion.

Les mesures des angles θ entre la direction de l'axe de la raie spectrale et la direction des photoélectrons primaires montrent que les photons incidents sont faiblement polarisés (taux de polarisation de 14 ± 10 %).

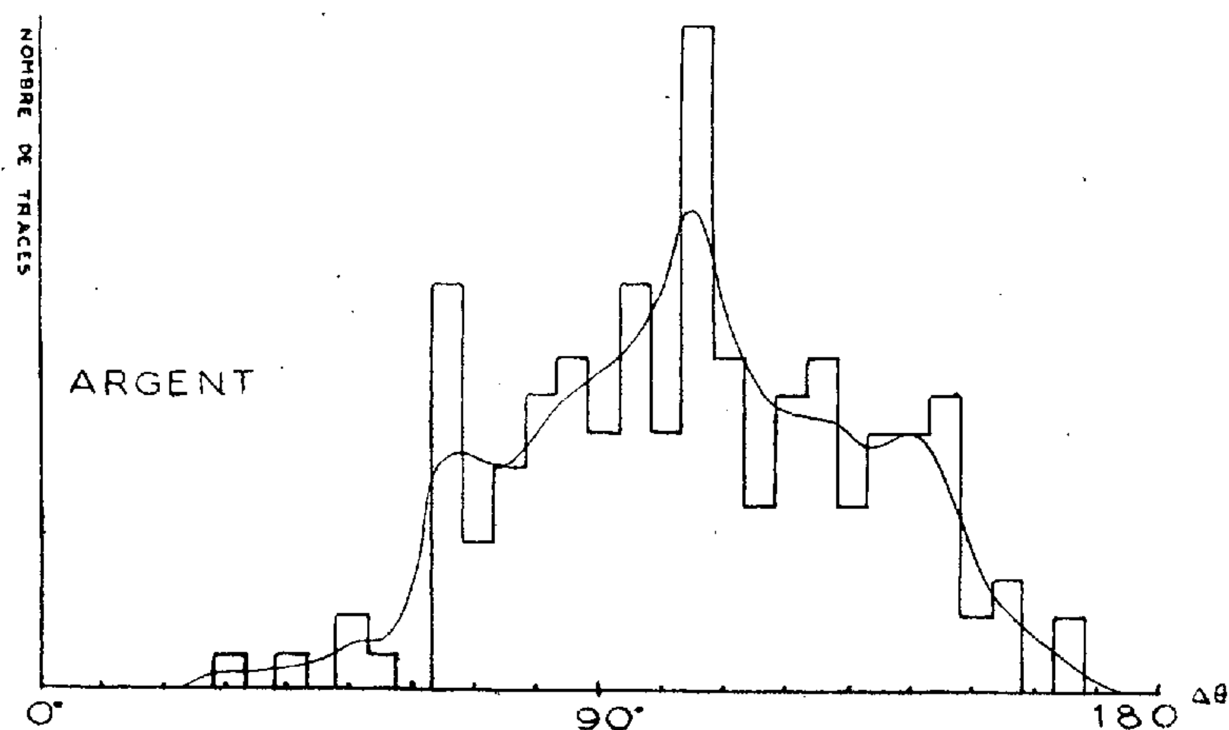


Fig. 1.

L'erreur probable sur la mesure des angles peut être évaluée à $\pm 2°,5$. L'histogramme des mesures des angles $\Delta\theta$ entre les directions de départ du photoélectron primaire et de l'électron Auger associé montrerait, malgré les erreurs statistiques importantes et une imprécision provenant

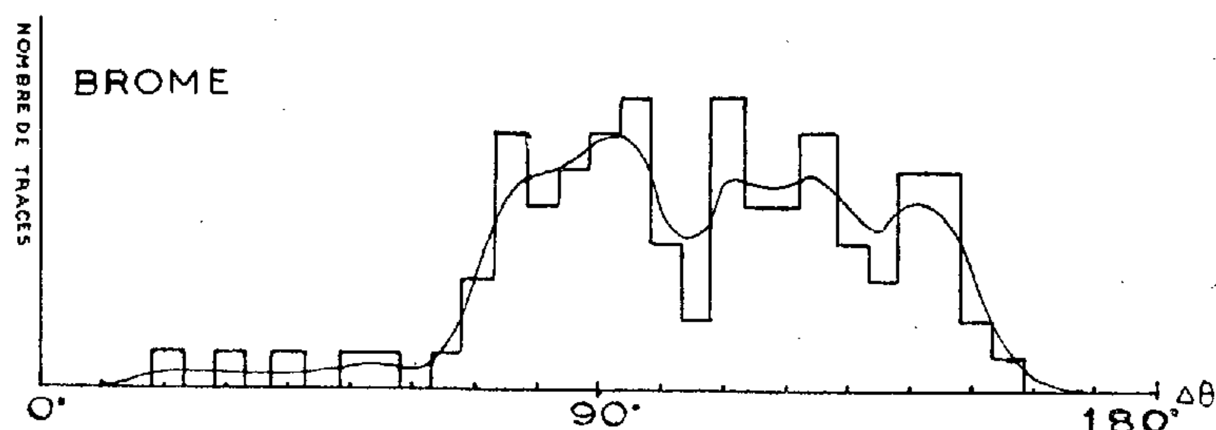


Fig. 2.

des angles morts dans l'observation, une corrélation entre les directions d'émission de ces deux électrons.

L'électron Auger semble être éjecté préférentiellement dans une direction presque perpendiculaire à celle du primaire. Ce phénomène a été observé sur les deux plaques; il est plus marqué pour les électrons éjectés des atomes

(3) C. C. Dilworth, G. Occhialini, L. Vermaesen et A. Bonetti, *Bull. Centre Phys. Nucl.*, Bruxelles, nos 13 *a* et 13 *b*.

d'argent que pour ceux éjectés des atomes de brome. Sur la plaque développée à l'amidol, on a observé 80 groupes de traces dues à des électrons issus de l'argent et 55 pour le brome; dans la plaque développée au glycin, 62 groupes de traces pour l'argent, 40 pour le brome.

Sur les histogrammes donnés ici, on voit l'existence de cette corrélation. Il faut remarquer que le maximum a tendance à être décalé vers les angles plus grands, il se place plutôt vers 105°.

Il faut rechercher l'explication de ce phénomène, soit dans les conditions expérimentales, soit dans les processus mis en jeu par l'effet Auger.

D'une part, les rayons X peu polarisés ont frappé la plaque presque normalement (angle d'incidence : 1°,5) et les grains de bromure d'argent de l'émulsion étaient, avant développement, presque sphériques, ce qui nous amène à penser que la cause de cet effet ne peut probablement pas tenir à une anisotropie due aux conditions expérimentales.

D'autre part, il semble difficile de trouver une explication théorique satisfaisante étant donnée la symétrie de l'atome; nous avons étudié des photoélectrons issus de la couche K, et des électrons Auger provenant généralement du réarrangement de cette couche à l'aide d'un électron de la couche L_I, autre électron s, qui fait intervenir également une symétrie sphérique, le spin n'intervenant pas. Une corrélation de direction ne peut provenir que d'une asymétrie de l'atome (dans le cristal ionique de bromure d'argent), perturbé par l'éjection du photoélectron primaire.

PHYSIQUE NUCLÉAIRE. — *Analyse de l'émission α dans la région des terres rares*. II. Note de M. **Charles Martin**, présentée par M. Louis de Broglie.

Cette Note fait suite à une précédente analyse de la radioactivité α dans la région des terres rares. Elle énumère les isotopes dont l'énergie E_α prévue est insuffisante pour qu'ils soient décelés facilement et indique les autres isotopes non encore obtenus. Le bombardement d'éléments s'étendant du baryum au néodyme avec des noyaux de carbone doit permettre d'obtenir directement ces émetteurs. Examen de l'existence du dysprosium 156.

La nécessité d'une systématique des propriétés α relative à la région des terres rares est évidente. Il est du plus haut intérêt pour la théorie de l'émission de particules α par les noyaux de confronter le comportement général des diverses zones où l'on trouve des émetteurs groupés. C'est le cas pour la zone qui s'étend depuis $Z = 82$ jusqu'à $Z = 100$ et la zone des isotopes du samarium ($Z = 62$) à l'holmium ($Z = 67$). Diverses réactions nucléaires ont permis d'obtenir huit émetteurs α tous situés au voisinage de la discontinuité $N = 82$ et du côté des neutrons en nombre déficient, ce qui favorise énergétiquement l'émission de particules α.

Nous avons donné dans une Note antérieure (¹) un essai de prévision des propriétés radioactives des isotopes stables et montré que des cinq émetteurs décelables deux avaient disparu du fait de leurs périodes courtes par rapport aux âges géologiques, ce sont les Sm 146 et Gd 150; un a subsisté dans la nature, c'est le Sm 147 et les deux autres : Sm 148 et Gd 152 doivent pouvoir être mis en évidence par enrichissement et en utilisant la méthode des plaques photographiques.

En dehors de ces cas nous concluons à la possibilité de produire plus de 30 émetteurs α d'énergies supérieures à 2 MeV.

Un certain nombre (²) d'entre eux a déjà été obtenu à l'aide de réactions nucléaires (α, xn) et (d, xn) sans que le rayonnement α ait été détecté. Nous les énumérons en indiquant dans l'ordre : l'isotope, la période de capture K observée, l'énergie α calculée :

Eu 148 (2 mois), 2,6 MeV; Eu 149 (14 j), 2,3 MeV; Eu 150 (1 j), 2,0 MeV.
Gd 151 (150 j), 2,3 MeV.

Tb 152 (4,5 h), 3,1 MeV; Tb 153 (5 j), 2,8 MeV; Tb 154 (17 h), 2,6 MeV;
Tb 155 (1 an), 2,3 MeV.

Le fait que les expérimentateurs n'aient pu mettre en évidence le rayonnement α de ces noyaux s'explique facilement en remarquant que pour $E_\alpha = 3$ MeV la période T_α calculée par la formule de Gamow est de l'ordre de 10^3 ans, d'où des embranchements α/K de 10^{-7} dans les cas les plus favorables, la radioactivité α est donc inobservable.

Les émetteurs α à grande énergie (entre 3,5 et 5 MeV) ont des périodes T_α qui deviennent courtes, elles sont de l'ordre d'un an pour 3,5 MeV, quelques minutes pour 4 MeV et 10^{-1} s pour 5 MeV. Par conséquent, pour des noyaux d'énergies α croissantes, il y a compétition entre la capture K et l'émission α qui finit même par l'emporter dans le cas des isotopes à grand défaut de neutrons. Malheureusement, pour les obtenir, les réactions à grande énergie, évaporation et spallation, produisent simultanément un nombre important d'activités rendant très difficile l'étude des émetteurs intéressants.

Nous voulons attirer l'attention sur un moyen certain d'obtenir directement quelques-uns de ces isotopes. C'est d'utiliser les nouvelles réactions nucléaires obtenues par bombardement avec des noyaux de carbone (³) ou d'oxygène Z fois ionisés; on est en mesure maintenant de travailler avec des faisceaux

---

(¹) CH. MARTIN, *Comptes rendus*, 235, 1952, p. 878.

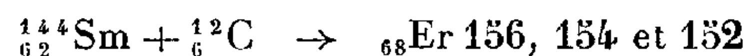
(²) R. W. HOFF, J. O. RASMUSSEN et S. G. THOMPSON, *Phys. Rev.* 83, 1951, p. 1068; G. WILKINSON et H. G. HICKS, *Phys. Rev.* 74, 1948, p. 1733.

(³) J. F. MILLER, J. G. HAMILTON, T. M. PURNAM, H. R. HAYMOND et G. B. ROSSI, *Phys. Rev.*, 80, 1950, p. 486.

d'ions ${}_{12}C^{+6}$ d'intensité très notable et les sections efficaces de ces réactions se révèlent assez grandes.

Les quelques exemples suivants démontrent le très grand intérêt de ces réactions possibles :

le samarium 144 a été enrichi ([4]) à 72,13 % (abondance normale 3,16 %)



$${}^{144}_{62}Sm + {}^{12}_{6}C \rightarrow {}_{68}Er\ 156,\ 154\ \text{et}\ 152$$

dont les énergies prévues sont respectivement de 4,2, 4,7 et 5,2 MeV;

le néodyme 142 a été enrichi à 93 % (abondance normale 27 %)



$${}^{142}_{60}Nd + {}^{12}_{6}C \rightarrow {}_{66}Dy\ 158,\ 156,\ 154$$

les deux premiers sont stables;

le troisième d'énergie 3,1 MeV n'a pas encore été obtenu.

Avec le Pr 141 et le Ce 140 il est possible, de la même façon, de fabriquer directement des isotopes appartenant à la région à explorer.

Avec le Ba 138 on tombe sur les Sm 150, 148 et 146 tous trois bêta-stables et de périodes T_α très longues.

Une région d'un intérêt capital pour une systématique α est celle située au-dessous de l'isotone $N = 82$. Il importe de connaître la valeur de l'abaissement dans l'énergie E_α. On peut fabriquer de tels isotopes avec le Ba 130 (enrichi à 16 %) qui donne du Sm 140 et 138; de même, avec le Ce 136 (enrichi à 16,4 %) on obtient Gd 146 et 144. Mais on aboutit à des énergies assez basses et il faudrait monter jusqu'aux noyaux Er 150 et 151 pour observer facilement la chute de l'énergie; la première réaction écrite ci-dessus, avec le Sm 144 pourrait peut-être y parvenir.

En résumé, l'utilisation de ce nouveau type de réactions doit apporter une contribution importante dans les connaissances sur les émetteurs α des terres rares.

Il subsiste un cas qui mériterait un examen approfondi : c'est celui du dysprosium 156. Il est β stable et semblait absent dans la nature ([5]), mais des expériences paraissent l'avoir mis en évidence ([6]) en 1948, avec une abondance relative de 0,052 %. Or nous lui trouvons une énergie E_α de 2,6 MeV. Compte tenu du fait que c'est un noyau pair-pair, la période correspondante à une telle énergie est inférieure aux âges géologiques. Cet isotope devrait donc avoir disparu, ce qui expliquerait les expériences négatives de F. W. Aston et A. J. Dempster. S'il en était ainsi cet isotope s'ajouterait aux Sm 146 et Gd 150 dont la disparition de la liste des isotopes stables est la preuve directe de l'instabilité α qui caractérise cette région de la classification.

([4]) *Annual Review of Nuclear Science*, 1, 1952, p. 273.

([5]) F. W. Aston, *Proc. Roy. Soc.*, 146, 1934, p. 46; A. J. Dempster, *Phys. Rev.*, 53, 1938, p. 727.

([6]) D. C. Hess et M. C. Inghram, *Phys. Rev.* 74, 1948, p. 1724.

CINÉTIQUE CHIMIQUE. — *Échange d'iode entre l'iodure de sodium et l'iodure d'éthyle dans l'acétonitrile comme solvant. Comparaison avec divers résultats dans l'éthanol.* Note (*) de MM. **Serge May** et **Bernard Giraudel**, présentée par M. Louis de Broglie.

On avait montré (¹) que le fait de changer de solvant dans une réaction d'échange pouvait modifier l'ordre de la réaction. Dans le présent travail nous n'avons pas trouvé cet effet. La réaction d'échange entre le radioiodure de sodium et l'iodure d'éthyle dans l'acétonitrile comme solvant est bimoléculaire comme dans l'alcool éthylique.

Mode expérimental. — Le radioiodure de sodium (isotope 131 de période 8 jours) provient de la pile du Commissariat à l'Énergie atomique. L'iodure d'éthyle et l'iodure de sodium sont dissous séparément dans l'acétonitrile. Leur concentration est déterminée par dosages gravimétriques.

Les réactions d'échange s'effectuent dans un appareil en verre Pyrex muni d'un système mélangeant les deux iodures, minéral et organique, après un temps de chauffage nécessaire pour amener les deux liquides à la même température. Cette opération s'effectue dans un thermostat à eau, et en atmosphère d'azote. On refroidit rapidement après un temps de contact déterminé en trempant le mélange réactionnel dans une mixture de glace et d'acétone.

La séparation s'effectue ensuite par distillation sous vide de l'iodure organique aux environs de 0°C. L'iodure d'éthyle est transformé en iodure d'argent par barbotage dans une solution de nitrate d'argent alcoolique [*voir* mode opératoire, référence (²)]. L'iodure de sodium restant est également précipité sous forme d'iodure d'argent et les activités des deux iodures d'argent sont mesurées au compteur de Geiger-Müller, et comparées à l'activité d'un étalon de radioiodure d'argent.

Résultats. — Pour chaque température et chaque concentration de I^*Na et de IC_2H_5, on a calculé les constantes de vitesse de réaction qui dérivent d'un échange bimoléculaire simple et celles provenant d'un échange monomoléculaire simple.

On voit nettement dans le tableau ci-après que c'est le processus bimoléculaire qui régit les réactions d'échanges. Une correction est apportée en fonction du temps de séparation des deux iodures lors de la distillation (²).

(*) Séance du 6 octobre 1952.

(¹) S. May et B. Giraudel, *Comptes rendus*, 234, 1952, p. 2280.

(²) S. May, P. Daudel, J. Schottey, M. Sarraf et A. Vobauré, *J. Chim. Phys.*, 49, n° 2, 1952, p. 64-67.

Échange I^*Na-IC_2H_5 *dans l'acétonitrile.*

Température (°C).	Temps de contact (minutes).	Concentration en m mol/l de I*Na.	IC₂H₅.	Échange (%).	$10^4 k$ Bimoléculaire ($l.mol^{-1}. s^{-1}$).	$10^4 k$ Monomoléculaire. (s^{-1}).
21..........	30	50,25	19,36	28,8	32,3	1,365
21,5........	60	20,10	19,36	35,6	33,4	0,624
22..........	30	100,50	19,36	51,9	48	3,420
20,5........	30	20,10	48,40	29,8	30,9	0,577
20..........	30	19,36	19,36	21,9	38,2	0,687
31..........	20	96,80	19,36	64,4	103	7,18
31..........	20	19,36	19,36	37,9	110	1,97
40,5........	15	19,36	96,80	91,8	256,4	4,62
41..........	15	48,40	19,36	76	278,5	11,32
41..........	15	80	19,36	74,1	199	12,09
41..........	10	20	19,36	46,1	280,5	5,22
41..........	15	20	19,36	50,7	214	3,98
41..........	20	20	19,36	65,5	242	4,50
50..........	5	20	19,36	42,7	507	9,43
50..........	10	20	19,36	79	710	13,20
49,5........	5	8,92	9,68	29,9	657	5,68
49,5........	10	8,92	9,68	51,1	661	5,72
49,5........	15	8,92	9,68	63	612	5,35

Si l'on trace la courbe de log k ou de log $k/\sqrt{T}$ en fonction de $1/T$ et que l'on prend la pente de cette courbe, on trouve l'énergie d'activation qui est environ pour l'échange envisagé de 18 kcal/mol (*fig.* 1 et 2).

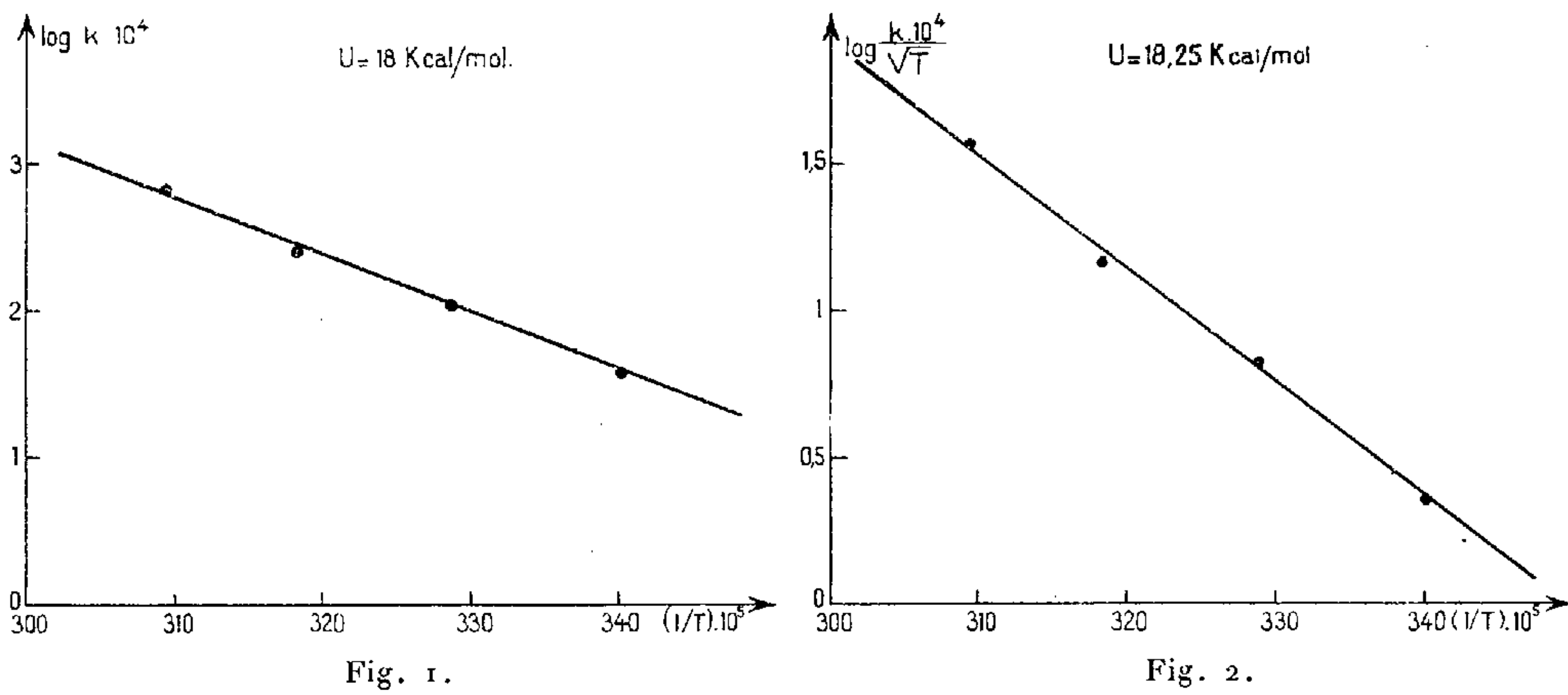


Fig. 1. Fig. 2.

Seelig et Hull ([3]) donnent comme énergie d'activation pour le même échange

([3]) *J. Amer. Chem. Soc.*, 64, 1952, p. 940.

dans l'alcool éthylique 21 kcal/mol; Mac Kay ([4]) donne 19 kcal/mol, ainsi que Neuman et Protsenko ([5]). Nous voyons donc que l'énergie d'activation est peu modifiée par rapport aux travaux précédents, bien que les vitesses de réactions dans l'acétonitrile soient de 20 à 35 fois plus grandes que dans l'alcool éthylique, si l'on compare avec les travaux de Mac Kay.

ÉLECTROCHIMIE. — *Contribution à l'étude de la diffusion des ions à travers les revêtements métalliques*. Note (*) de MM. **Maurice Bonnemay, Helmy Makram** et **Jean Royon**, présentée par M. Eugène Darmois.

Les revêtements métalliques électrolytiques présentent tous une certaine porosité. Cette porosité dépend des conditions dans lesquelles ces métaux ont été déposés, ainsi que de l'épaisseur du revêtement; elle conditionne, en partie, le pouvoir protecteur du revêtement.

On a cherché à étudier cette porosité par deux méthodes différentes :

1° Une méthode électrochimique qui consiste à suivre l'évolution du potentiel d'une électrode d'un métal M, recouverte du revêtement étudié, plongée dans une solution d'un sel du même métal. On constate, pour les métaux donnant en solution des équilibres réversibles, que le potentiel V, repéré par rapport à une électrode de référence, évolue en fonction du temps et tend vers une valeur constante qui est très sensiblement celle qui correspond à l'équilibre M/M^+.

Les courbes de la figure 1 représentent le phénomène dans le cas particulier de plaques de cuivre chromées, plongées dans une solution de sulfate de cuivre 2N. On constate que suivant l'épaisseur du revêtement de chrome, on obtient des courbes de types légèrement différents.

Type I *a* pour une épaisseur inférieure à 5 μ;

Type I *b* pour une épaisseur supérieure à 5 μ.

Dans tous les cas, le potentiel d'équilibre déterminé à 1 mV près correspond à la réaction $Cu \rightleftharpoons Cu^{++} + 2\theta$.

Ceci montre que le passage des ions Cu à travers le dépôt est effectif.

2° Ces faits expérimentaux prennent d'ailleurs un relief plus important si on les compare aux résultats d'une autre méthode d'étude du phénomène basée sur l'utilisation des traceurs radioactifs dont le principe est le suivant :

On effectue un revêtement électrolytique sur un support de métal M préalablement irradié à la pile atomique; on plonge l'électrode ainsi recou-

([4]) *J. Amer. Chem. Soc.*, 65, 1943, p. 702.
([5]) *Doklady*, 71, n° 2, 1950, p. 327.

(*) Séance du 20 octobre 1952.

verte dans une solution d'un sel du métal M et l'on étudie le passage des ions marqués dans la solution en fonction du temps, en effectuant des prélèvements.

Les résultats, compte tenu de l'activité initiale de la plaque, de la variation de volume de la solution, de la vie moyenne du radioélément, se traduisent alors par des courbes analogues à celles de la figure 2 qui se rapporte au cas du cuivre recouvert de chrome.

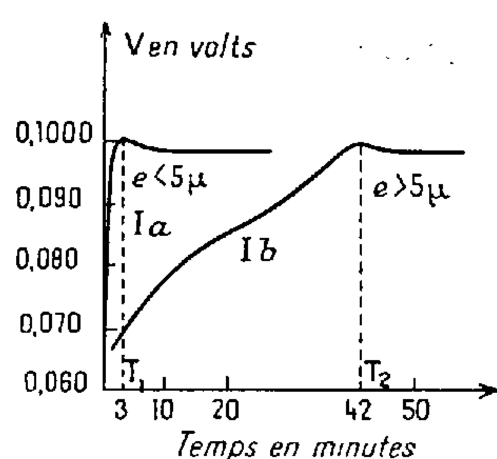


Fig. 1.

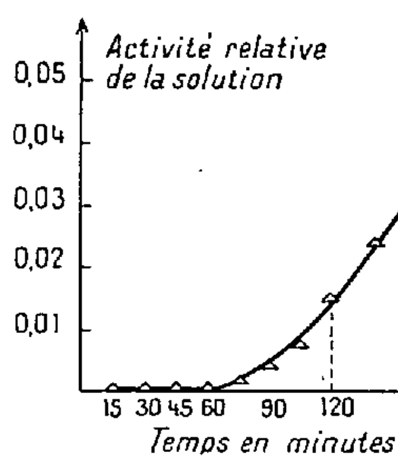


Fig. 2.

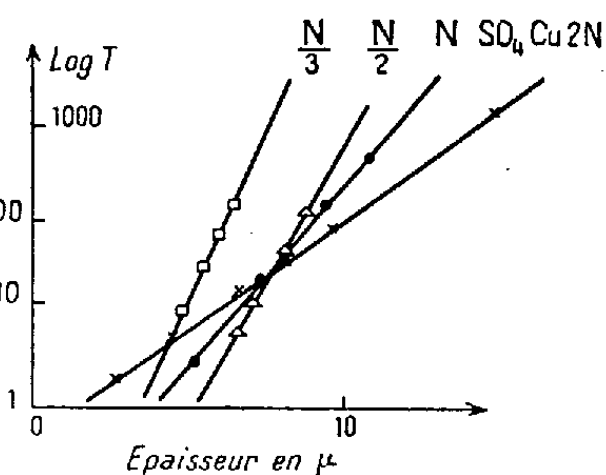


Fig. 3.

On constate que l'activité ne commence à apparaître en solution qu'après un temps variable qui dépend des propriétés, des revêtements et nous désignerons par T ce « *temps de passage* ».

Après l'écoulement de ce temps T, l'activité croît avec le temps, en tendant à lui devenir proportionnelle. Quand on classe les résultats, en fonction de l'épaisseur des revêtements, effectués toujours dans les mêmes conditions, on constate que, si l'on ne rencontre pas de régularité, en considérant les pentes des portions rectilignes des courbes 2, en revanche, le temps de passage suit une loi très simple, vérifiée dans tout le domaine expérimental que nous avons prospecté et qui peut s'exprimer comme suit :

Le logarithme du temps de passage est proportionnel à l'épaisseur des revêtements, les conditions de dépôt étant toujours les mêmes.

Par conditions de dépôt, il faut entendre : composition du bain, tension appliquée, disposition des anodes par rapport à la cathode, surface relative des électrodes, densité de courant, température, nature du métal support.

La figure 3 montre la vérification de cette loi; on voit que la constante de proportionnalité est une fonction décroissante de la concentration de la solution saline qui sert à l'étude du revêtement.

Enfin, la comparaison des courbes 1 et 2 montre que le temps de passage peut être déterminé à partir de mesures purement électrochimiques. Il apparaît, en effet, comme étant représenté par l'abscisse du maximum des courbes électrochimiques.

Il faut noter que, dans les deux méthodes décrites dans la présente Note, l'électrode reste intacte après l'expérimentation et que l'adhérence

du revêtement de chrome n'est nullement modifiée par l'essai, ce qui conduit à penser que les phénomènes observés dans la seconde méthode sont uniquement dus à des échanges isotopiques qui se produisent au niveau du cuivre dans les pores du revêtement et non à des phénomènes de corrosion du cuivre qui provoqueraient un décollement du métal.

ÉLECTROCHIMIE. — *Sur l'ion hydrogène en solution dans l'eau.*
Note de Mlle **Geneviève Sutra**, présentée par M. Eugène Darmois.

L'ion H^+ dans l'eau semble bien être un proton [1], encagé entre des molécules d'eau et non combiné sous la forme $(H_3O)^+$. Un certain nombre des propriétés des solutions acides sont d'accord avec cette conception. On comprend toutefois assez mal pourquoi le proton, chargé positivement, ne se combine pas avec la molécule H_2O dipolaire. Le raisonnement suivant suggère une explication.

Le proton est animé dans sa cage du mouvement thermique moléculaire, nous avons montré que la statistique classique s'applique; on peut donc calculer, à l'imitation de H. A. Lorentz, la vitesse moyenne d'agitation. On trouve $\bar{v} = (\pi^2/4)(2kT/m)^{1/2}$. La particule de vitesse v est associée à une onde de de Broglie pour laquelle $\lambda = h/mv$; cela donne $\bar{\lambda} = 4h/[\pi^2(2mkT)^{1/2}]$. Pour $T = 300$, avec $m = 1{,}008 : 6{,}02 . 10^{23}$ et les valeurs admises pour h et k, on trouve $\bar{\lambda} = 0{,}72 . 10^{-8}$ cm, $\bar{\lambda}/2 = 0{,}36 . 10^{-8}$ cm. Cette valeur est extrêmement voisine de celle $(0{,}31 . 10^{-8})$ que l'on trouve pour le chemin moyen du proton, déduit de la conductibilité limite de l'ion H^+, et qui représente la dimension moyenne de la cage. On peut donc admettre que le proton se réfléchit sur les parois de celle-ci.

J'ai publié d'autre part une théorie de la surtension d'hydrogène [2] où j'avais déduit la vitesse du dégagement de la théorie d'Eyring appliquée à la vitesse absolue de réaction. Eyring introduit dans sa théorie une fréquence « formelle » kT/h. Un progrès a été fait avec la théorie de Slater [3] applicable aux vitesses de réactions unimoléculaires; la constante de vitesse y est de la forme $\nu \exp(-E/kT)$; ν est une combinaison des modes normaux de vibration de la molécule qui se décompose. Dans notre cas c'est l'ion entouré de sa cage de molécules d'eau; il est donc indiqué de remplacer ν par la fréquence correspondant à $\bar{\lambda}$, soit environ $4 . 10^{18}$. E est l'énergie libre d'activation de la molécule. Le calcul donne le courant en fonction de la surtension; on retrouve la relation logarithmique dite de Tafel. En particulier, le « courant

(1) G. Sutra et E. Darmois, *Comptes rendus*, **222**, 1946, p. 1286.
(2) G. Sutra, *J. de Phys.*, **12**, 1951, p. 573.
(3) *Proc. Roy. Soc.*, **194** A, 1948, p. 112.

d'échange » i_0 est donné par la formule $i_0 = \nu e[H^+]_0 \exp[-W/kT]$; l'emploi de la valeur de ν ci-dessus et des W dus à Bowden permet le calcul de $[H^+]_0$, activité des protons dans le platine de l'électrode normale à hydrogène. Malgré d'énormes variations de i_0 d'un métal à l'autre, on trouve *la même valeur* de $[H^+]_0$ pour le mercure, le palladium, le platine poli. Comme je l'ai montré précédemment ([4]), cette valeur permet le calcul du potentiel absolu de l'électrode d'hydrogène. Nous donnerons ailleurs les résultats de ce calcul.

CHIMIE THÉORIQUE. — *Calcul approché en orbitales moléculaires des grandeurs associées aux hydrocarbures polyéthyléniques conjugués ou aromatiques.* Note (*) de M. **Claude Vroelant**, présentée par M. Louis de Broglie.

Dans cette Note nous appliquons la méthode de calcul approché définie par une Note précédente ([1]) pour calculer les énergies $\mathcal{E}$, les indices de liaisons p_i de la liaison i (les charges étant toutes égales à 1 quand il n'y a pas de cycle impair), dans deux degrés de cette approximation.

Première approximation:

$$W = \frac{\frac{1}{2}\mathcal{E}}{\beta} = 0,7894 \log_{10} M + 0,7090\, j + 0,3048\, \mu - 0,01058\, P,$$

$$p_i = 0,303 \frac{n_i}{M} + 0,674 - 0,0495\, \rho_i,$$

M, nombre de formules kékuléennes;
j, nombre d'atomes;
μ, nombre de liaisons;
ρ_i, nombre de liaisons adjacentes à la liaison i, plus 1;
$P = \sum_i \rho_i$;
n_i, nombre de formules kékuléennes contenant la liaison i.

Seconde approximation :

$$w = 0,2924 \log_{10} M + 0,5993\, j + 0,4233\, \mu + 0,03527\, P + 0,001626 \left(Q + \frac{D+E}{2} \right)$$

$$p_i = 0,2629 \frac{n_i}{M} + 0,877 - 0,1512\, \rho_i + 0,00343 \left(\rho_i^2 + 2\rho_i + 2\sum_\alpha \rho_{i+\alpha} + \frac{1}{2} d_i + \frac{1}{2} e_i \right)$$

D, nombre de groupes distincts de trois liaisons consécutives (_/ ou _\\) que l'on peut placer dans la molécule;

([4]) G. Sutra, *Comptes rendus*, 233, 1951, p. 365.

(*) Séance du 4 juin 1952.

([1]) *Comptes rendus*, 232, 1951 p. 635.

E, nombre de cycles de trois liaisons;

$\sum_{\alpha} \rho_{i+\alpha}$ est la somme des ρ des liaisons adjacentes à la liaison i;

d_i, nombre de groupes de six liaisons consécutives comprenant la liaison i;
e_i, nombre de cycles de six liaisons comprenant la liaison i.

On voit dans ces deux formules un terme en n_i/M qui correspond à l'indice de Pauling (en mésomérie), si l'on ne prend que les formules kékuléennes auxquelles on donne un poids égal. On voit également que la stabilité de la molécule augmente avec M.

TABLEAU I. — *Énergies.*

Corps.	Énergies exactes.	1re approximation		2me approximation	
		Énergie.	Erreur (%).	Énergie.	Erreur (%).
Ethylène	1.000	1.003	+ 0.3		
Butadiène	2.235	2.258	+ 1.0	2.250	+ 0.7
Hexatriène	3.493	3.513	+ 0.6	3.515	+ 0.6
Benzène	4.000	4.003	+ 0.1		
Naphtalène	6.844	6.862	+ 0.3	6.804	— 0.6
Perylène	14.123	14.142	+ 0.13		
Dibenz 1256 anthracène.	15.440	15.496	+ 0.4		
Triphényléthylène	13.936	13.683	+ 0.3		

TABLEAU II. — *Indices de liaison.*

Corps.	Liaison	Valeur exacte.	Première approximation		Deuxième approximation	
			valeur	erreur %.	valeur.	erreur %.
Éthylène		1,000	0,927	— 7,3	0,999	— 0,1
Naphtalène	αα	0,603	0,626	+ 3,4	0,619	+ 1
	αβ	0,725	0,727	+ 0,3	0,706	— 3
	β0	0,555	0,577	+ 4	0,536	— 4
	00	0,518	0,527	+ 1,9	0,481	— 8
Biphényle	centrale	0,370	0,426	+ 13	0,368	— 0,5
Styrolène	αβ	0,911	0,878	+ 4	0,896	— 2
	β1	0,406	0,476	+ 15	0,397	— 2
Stilbène	1	0,820	0,828	+ 1	0,801	— 2
	2	0,431	0,476	+ 10	0,438	+ 2

Pour le dibenz 1256 anthracène, les erreurs dans la première approximation varient entre + 5,1 et — 0,3 %.

Les cas donnés dans ce tableau correspondent à des cas particulièrement typiques, ou à ceux d'erreur particulièrement grandes.

Cas des cycles impairs dans la première approximation.

Corps.	Erreur sur l'énergie (%).	Erreur sur les indices de liaison (%).
Fulvène	0,4	1 à 8
Azulène	0,6	2 à 6
Benzofulrène	0,5	0,3 à 9

Le calcul des charges donne par contre de mauvais résultats quantitatifs dans cette méthode.

En conclusion, la première méthode d'approximation, particulièrement simple, donne de bons résultats dans le calcul de l'énergie, l'erreur restant inférieure à 1 %, l'erreur moyenne étant de l'ordre de 0,5 %, et des résultats passables pour les indices de liaison (erreur inférieure à 15 %, erreur moyenne 4 %).

La seconde méthode, plus compliquée, n'abaisse guère l'erreur moyenne, mais semble diminuer les plus importantes de ces erreurs et paraît donc plus sûre (ex. : biphényle, styrolène, stilbène).

CHIMIE THÉORIQUE. — *Calcul de l'énergie de l'état fondamental et du potentiel d'ionisation de certains ions, radicaux libres et molécules par la méthode des interactions de configuration. Évaluation de chaleurs d'activation de certaines réactions que donnent ces mêmes corps.* Note (*) de MM. **Odilon Chalvet** et **Raymond Daudel**, présentée par M. Louis de Broglie.

Utilisant la méthode des interactions de configuration nous avons évalué les énergies des électrons π des systèmes suivants dans l'état fondamental et trouvé les valeurs ci-après :

Ion $(C_2H_4)^+$	$W_{2p} - 1,85$ eV.
Radical allyle (1)	$3\,W_{2p} - 2,47$ »
Ion allyle $(CH_2=CH-CH_2)^+$	$2\,W_{2p} - 3,76$ »
Ion butadiène $(CH_2=CH=CH=CH_2)^+$	$3\,W_{2p} - 3,72$ »

En tenant compte des valeurs connues des mêmes énergies pour l'éthylène ($2\,W_{2p} - 2,47$) (2) et pour le butadiène ($4\,W_{2p} - 2,77$) (3), on en déduit les premières énergies d'ionisation suivantes :

(*) Séance du 20 octobre 1952.

(1) Les valeurs signalées ici diffèrent de celles qui figurent dans la Note de O. Chalvet (*Comptes rendus*, **234**, 1952, p. 2369), car on a pris ici en considération les termes de répulsion entre les cœurs.

(2) D'après Parr et Crawford, *J. Chem. Phys.*, 1948, p. 526.

(3) D'après Coulson et Jacobs, *Proc. Roy. Soc.*, A **206**, 1951, p. 287.

Éthylène	$-W_{2p}+0,62$ eV
Allyle..................................	$-W_{2p}-1,29$ »
Butadiène	$-W_{2p}-0,95$ »

Pour l'éthylène la valeur expérimentale étant de 10,45 eV ([4]), on est conduit à adopter pour W_{2p} la valeur de — 9,83 eV, ce qui entraîne pour l'allyle une énergie d'ionisation de 8,54 eV (alors que la valeur expérimentale est de 9,05 eV) ([5]) et pour le butadiène une énergie de 8,88 eV (alors que la valeur expérimentale est de 9,02 eV) ([6]).

Ces grandeurs permettent également d'évaluer en suivant l'idée de Wheland ([7]) les contributions ΔE_π des électrons π aux énergies d'activation des réactions de substitution bimoléculaires ayant lieu sur le carbone extrême de l'éthylène, de l'allyle et du butadiène.

Pour le butadiène, par exemple, on obtient cette grandeur dans le cas des substitutions radicalaires par soustraction de l'énergie de l'ion allyle de celle du butadiène. On arrive au tableau suivant (dans lequel on a rappelé également le résultat de la méthode L. C. A. O. standard exprimé à partir des intégrales α et β) :

	Valeur de ΔE_π			
	Cas radicalaire.		Cas électrophile.	
Substance attaquée.	Interaction de configuration.	L. C. A. O.	Interaction de configuration.	L. C. A. O.
Éthylène....	$-W_{2p}+2,47$ eV	$-\alpha-2\beta$	$-2W_{2p}-2,47$ eV	$-2\alpha-2\beta$
Butadiène...	$-W_{2p}+0,20$ eV	$-\alpha-1,644\beta$	$-2W_{2p}-1,09$ eV	$-2\alpha-1,644\beta$
Allyle......	$-W_{2p}$	$-\alpha-0,828\beta$	$-2W_{2p}+0,62$ eV	$-2\alpha-1,828\beta$

Si l'on se souvient que β est une intégrale négative, on voit que dans tous les cas les ΔE_π évalués par la méthode des interactions de configuration se classent dans le même ordre que ceux de la méthode L. C. A. O. standard et donnent donc les mêmes résultats qualitatifs vis-à-vis de la réactivité chimique.

Les résultats considérés de la méthode empirique et standard L. C. A. O. se trouvent ainsi confirmés dans l'ensemble par une approximation meilleure et non empirique.

En accord avec la valence libre, le ΔE_π du butadiène est supérieur à celui de l'allyle dans le cas radicalaire. C'est le contraire dans le cas électrophile. Dans le cadre de la méthode des interactions de configuration ce dernier fait s'accorde bien avec l'apparition de charges positives sur les carbones extrêmes de l'allyle ([8]) et négatives dans le cas du butadiène ([3]).

([4]) HARTMANN, *Zeits. f. Physik.*, B 53, 1943, p. 96.

([5]) EVANS et SZWARC, *J. Chem. Phys.*, 19, 1951, p. 1322.

([6]) D'après MULLIKEN, *J. Chim. Phys.*, 46, 1948, p. 687.

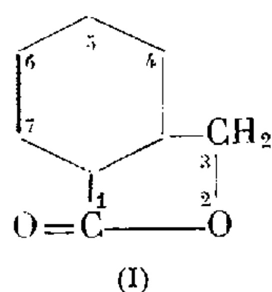
([7]) WHELAND, *J. Amer. Chem. Soc.*, 14, 1942, p. 900.

([8]) CHALVET et DAUDEL, *J. Chim. Phys.* (sous presse).

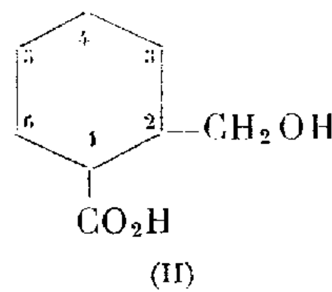
CHIMIE ORGANIQUE. — *Cinétique de la lactonisation des acides orthométhylolbenzoïques substitués.* Note de M. **Jean Tirouflet**, présentée par M. Marcel Delépine.

La vitesse de lactonisation des acides *o*-méthylolbenzoïques substitués est considérablement augmentée par l'introduction en 3 et 6 d'un substituant halogéné. Alors que l'hydrolyse alcaline des phtalides substitués (I) s'interprétait facilement par les seuls effets inductifs et mésomères, le facteur stérique devient prépondérant en 3 et 6 dans la lactonisation. Dans les positions où les facteurs stériques n'interviennent pas, la vitesse de lactonisation diminue avec la densité électronique sur le carbonyle.

Des travaux antérieurs (1), (2), (3) sur une étude comparée des phtalides (I) ont montré qu'il était indispensable de connaître les constantes de dissociation des acides alcools correspondants (II) pour envisager une étude précise des facteurs E et PZ caractéristiques des différents phtaliques substitués.



(I)



(II)

Dans ce but nous avons entrepris la préparation des différents acides *o*-méthylol benzoïques substitués (II). Les acides alcools substitués en 4 et 5, correspondant aux phtalides 5 et 6 (notation du traité de Grignard, t. 11, p. 437), s'isolent facilement à partir de l'olide (2). Par contre il est beaucoup plus difficile d'isoler les dérivés chlorés et bromés en 3 et 6. Pour les dérivés 3 on hydrolyse la lactone par une solution titrée de soude, neutralise exactement par ClH et isole immédiatement le précipité formé; la cristallisation doit être conduite dans le mélange éther-éther de pétrole, car un mélange hydroalcoolique porté à 80° transforme intégralement ces dérivés en lactones. Quant aux dérivés 6, ils ne précipitent plus par acidification; il faut extraire immédiatement le mélange à l'éther et on isole l'acide alcool dans la solution éthérée. Malgré cette précaution nous n'avons pu toutefois obtenir le dérivé bromé en 6.

La simple étude qualitative montre donc une différence certaine entre les isomères 3 et 5 d'une part, 4 et 6 d'autre part. Cette constatation est d'autant plus étonnante que l'hydrolyse alcaline des phtalides avait fait ressortir une analogie profonde entre les lactones substitués en 4 et 6 (correspondants aux acides en 3 et 5).

---

(1) J. Vène, J. Tirouflet et R. Carrié, *Comptes rendus*, 234, 1952, p. 2074.

(2) J. Tirouflet, *Thèse Sciences*, Paris 1952.

(3) J. Vène et J. Tirouflet, *Comptes rendus*, 231, 1950, p. 911; 232, 1951, p. 2328.

Pour étudier quantitativement le phénomène nous avons mesuré la vitesse de lactonisation des différents acides alcools.

Les mesures ont été faites en solution aqueuse à 60° ± 0,1° ($C = 4M/1000$ en acide alcool). La réaction est catalysée par les ions H^+ ($C_{ClH} = 4M/1000$). Dans ces conditions la réaction est pratiquement totale et l'autocatalyse (4) est négligeable. La réaction est alors du 1er ordre et la constante de vitesse n'accuse pas de variation systématique pendant les 4/5 de la transformation environ, sauf dans le cas du dérivé chloré en 6 où une autocatalyse marquée donne une diminution systématique de la constante avec le temps. Les dosages ont été faits, sur des prises de 25 cm³ avec la soude N/50 en présence de phtaléine du thymol.

Les principaux résultats expérimentaux sont récapitulés dans le tableau ci-dessous. Nous y avons joint les constantes de vitesse obtenue dans l'hydrolyse de l'olide (2).

Nature du substituant.	Position. Acide alcool.	Position. Olide.	Lactonisation de l'acide alcool $10^3 \times K$ (min^{-1}) (60°).	Hydrolyse de la lactone K (min^{-1}, $mol\text{-}g/l^{-1}$) (25°).
H	–	–	17,2	11,7
Cl	3	4	67,5	54,3
Br	3	4	114,0	50,6
Cl	5	6	7,1	47,6
Br	5	6	7,0	48,4
NO_2	5	6	3,9	246
Cl	4	5	6,0	25,2
Br	4	5	5,3	27,0
OCH_3	4	5	6,2	2,50
OC_2H_5	4	5	6,9	2,58
Cl	6	7	# 45 (autocatalyse)	50,3

L'analogie profonde existant entre les lactones substituées en 4 et 6 n'existe plus pour les acides alcools 3 et 5 correspondants. Dans ce dernier cas, l'effet stérique en 3 est considérable, alors qu'il n'apparaît pas pour la lactone. Cet effet croît d'ailleurs avec la masse atomique de l'halogène [acides alcools : $K_{Cl}(3)/K_{Cl}(5) = 9,4$; $K_{Br}(3)/K_{Br}(5) = 16,3$; lactones correspondantes : $K_{Cl}(4)/K_{Cl}(6) = 1,1$; $K_{Br}(4)/K_{Br}(6) = 1,05$]. Le même effet stérique se retrouve dans l'acide alcool chloré en 6 bien qu'il semble être contrarié légèrement par l'effet inductif, particulièrement puissant dans cette position.

Dans les positions où les facteurs stériques n'interviennent pas, la réaction de lactonisation est en effet retardée par les substituants induisant un déficit électronique sur le carbonyle. En position 5, par exemple, K décroît lorsque croît la grandeur de l'effet inductif du substituant : $K(H) > K(Hal.) > K(NO_2)$;

(4) F. SALMON-LEGAGNEUR et J. VÈNE, *Bull. Soc. Chim.*, 1937, p. 448.

de même en position 4 : K(H) > K(OR) > K(Hal.). Il est à noter que, dans ce dernier cas, l'effet mésomère habituel du méthoxy et de l'éthoxy semble inopérant.

Les acides chloro-5, bromo-5, méthoxy-4, éthoxy-4 ont été décrits antérieurement ([2]). L'acide nitro-5 a été préparé en traitant l'olide par l'ammoniaque pour éviter l'action parasite de NaOH sur le groupe nitré.

Nous indiquons ci-après les points de fusion instantanés des acides alcools non encore signalés. Ces points de fusion n'ont souvent qu'une valeur indicative car l'acide alcool se décompose, avant sa fusion, en lactone : acide chloro-3 méthylol-2 benzoïque F 110-115°; acide bromo-3 méthylol-2 benzoïque F 118-122°; acide chloro-6 méthylol-2 benzoïque F 125-130°; acide chloro-4 méthylol-2 benzoïque F 178-182°; acide bromo-4 méthylol-2 benzoïque F 188-193°.

CHIMIE ORGANIQUE. — *Les distyryl-9.10 anthracènes.*

Note (*) de M. **Guy Rio**, présentée par M. Charles Dufraisse.

Préparation de trois distyryl-9.10 anthracènes isomères, du phényléthynyl-9 styryl-10 anthracène, de *bis* (halogénostyryl)-9.10 anthracènes (halogènes : brome ou iode), et de deux *bis* (hydroxyphényléthyl)-9.10 anthracènes isomères (symétriques).

Dans une Note antérieure ([1]) j'ai annoncé la préparation de dérivés hydrogénés du *bis* (phényléthynyl)-9.10 anthracène, III, déjà décrit ([2]). Parmi eux, le distyryl-9.10 anthracène, II, occupe une position intermédiaire entre le diacétylénique III et le *bis* (phényléthyl)-9.10 anthracène, XIII, ($R = CH_2CH_2C_6H_5$) ([1]). Il faut noter que, en plus du phényléthynyl-9 phényléthyl-10 anthracène, XIII ($R = C \equiv CC_6H_5$) ([3]), les deux isomères du styryl-9 phényléthyl-10 anthracène, XIII ($R = CH = CHC_6H_5$), ont été déjà publiés ([1]), [pour d'autres monostyryl-9 anthracènes, *voir* ([4])].

En tant que composé diéthylénique, l'hydrocarbure II peut exister, théoriquement, sous trois formes stéréoisomères : *cis-cis*, *cis-trans* et *trans-trans*. Effectivement, trois composés, de formule $C_{30}H_{22}$, possédant la structure II, ont été obtenus :

a. L'un, II*a*, est jaune clair et présente la double fusion (F_{inst} 194-195° et

(*) Séance du 20 octobre 1952.

([1]) *Comptes rendus*, **232**, 1951, p. 1492.

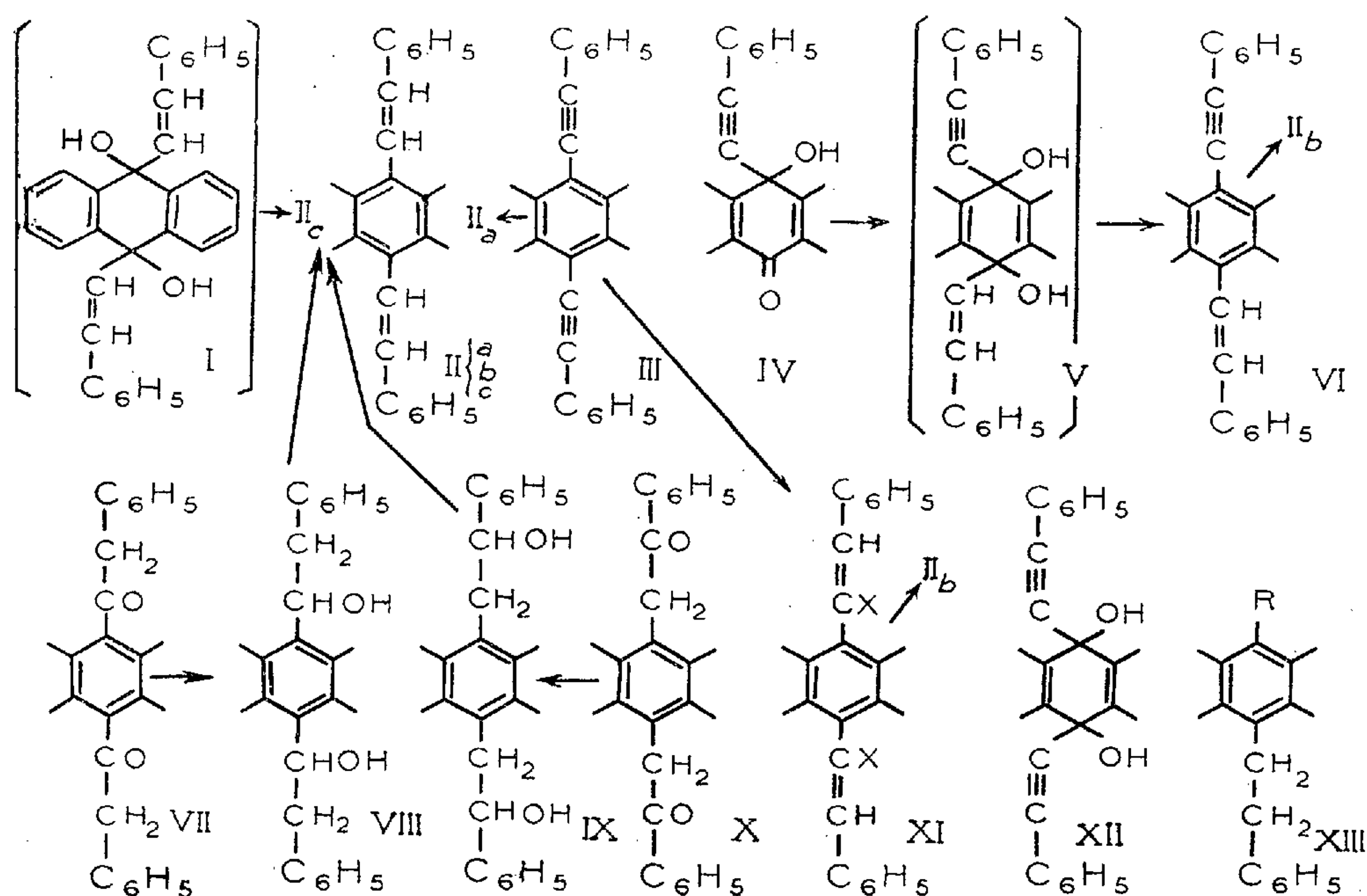
([2]) Ch. Dufraisse, J. Mathieu et G. Rio, *Comptes rendus*, **227**, 1948, p. 937.

([3]) G. Rio, *Comptes rendus*, **235**, 1952, p. 182.

([4]) Ultérieurement, et de façon indépendante, N. P. Buu-Hoï et N. Hoàn (*J. Org. Chem.*, **16**, 1951, p. 874) ont décrit le styryl-9 anthracène (deux isomères) et le styryl-9 méthyl-10-anthracène.

201-202°); il est assez soluble et ses solutions sont très peu fluorescentes (en violet). Il a été obtenu en hydrogénant le diacétylénique III, par catalyse (Ni Raney), ou par le couple zinc-cuivre en milieu alcoolique ([5]), à l'abri de la lumière.

b. Un second isomère, II *b*, jaune verdâtre, qui présente la particularité d'avoir le même point de fusion instantanée, 201-202°, que le précédent. Mais l'épreuve du mélange interdit la confusion des deux corps et, d'ailleurs, le second n'a qu'un seul point de fusion; de plus, divers autres caractères accentuent la différenciation, solubilité moindre, couleur verte de la fluorescence, données spectrales, etc.



On l'a préparé par hydrogénation, également avec le couple zinc-cuivre, et à l'abri de la lumière, soit de *bis*(halogénostyryl)-9.10 anthracènes, XI, soit du phényléthynyl-9 styryl-10 anthracène, VI, composés qui vont être décrits, à cette occasion.

Ce dernier hydrocarbure, VI, est aussi un dérivé partiellement hydrogéné de III; il a été obtenu, et sous une forme seulement, par réduction (HI aqueux) du diquinol correspondant, V, que l'on n'a pu isoler, lui-même résultant du grignardage de la phényléthynyloxanthrone, IV ([3]). De formule $C_{30}H_{20}$, F_{inst} 231-232°, il est orangé, et ses solutions sont fortement fluorescentes en vert.

Quant aux composés XI, dérivés dihalogénés de l'hydrocarbure diéthylé-

([5]) F. STRAUS, *Liebigs Ann. Chem.*. 342, 1905, p. 238.

nique II, ils ont été préparés par addition d'hydracides, en solutions benzéniques anhydres, au diacétylénique III; chaque triple liaison ne fixe qu'une molécule d'hydracide. On a étudié les composés bromé et iodé : de formule générale $C_{30}H_{20}X_2$, ils sont jaunes, respectivement de F_{inst} 274-275° (X = Br) et 271-274° (X = I); on n'obtient pratiquement qu'un seul composé dans chaque cas. Le second peut également être obtenu en traitant le diquinol diacétylénique XII ([2]), par l'acide iodhydrique en solution benzénique; il y a, intermédiairement, réduction en hydrocarbure III. Cette réduction se fait, de manière exclusive, si l'on utilise HI en milieu aqueux; elle constitue une bonne méthode de préparation du diacétylénique III, bien supérieure au procédé à l'iodure de potassium en solution acétique et en présence d'hypophosphite de sodium [*voir* aussi ([3])]. La détermination des positions des atomes d'halogènes dans les chaînes latérales des dihalohydrates ci-dessus n'a pas fait l'objet d'une étude spéciale; on s'est borné à admettre que, conformément à une règle générale, le sens de la fixation des molécules d'hydracides sur les triples liaisons de III était le même que celui de l'eau; or cette hydratation a conduit au *bis*(phénylacétyl)-9.10 anthracène, VII, de structure connue avec certitude ([6]).

c. Le troisième isomère du distyryl-9.10 anthracène, IIc, jaune franc, F_{inst} 280-281°, le moins soluble de tous, donne des solutions un peu fluorescentes en vert. Il se forme par exposition à la lumière des solutions de l'un quelconque des deux autres isomères.

Il a été préparé, d'une part, par le procédé habituel d'obtention des hydrocarbures anthracéniques mésodisubstitués, réaction du magnésien correspondant, $C_6H_5—CH=CH—MgBr$, sur l'anthraquinone, puis réduction du diquinol formé, I; le rendement est assez faible et le diquinol intermédiaire n'a pu être isolé. D'autre part, les diols VIII et IX ont été déshydratés, le premier bien plus facilement que l'autre, en ce même hydrocarbure IIc. Ces diols, *bis*(hydroxyphényléthyl)-9.10 anthracènes, $C_{30}H_{26}O_2$ [VIII : F_{inst} 151-152°; IX : F_{inst} 177-178°] sont obtenus par réduction, par $LiAlH_4$, des dicétones correspondantes VII et X; la dernière de ces dicétones, le diphénacyl-9.10-anthracène, X, sera décrite ultérieurement.

CHIMIE ORGANIQUE. — *Réactivité des alcoylhalogénosilanes en présence de base tertiaire.* Note de M. **Yves Étienne**, présentée par M. Charles Dufraisse.

La présence d'une base tertiaire à facteur de dissociation suffisamment élevé facilite ou rend possible la réaction des alcoyhalogénosilanes avec certains composés possédant un hydrogène mobile. Application à la préparation de dérivés organiques du silicium acétoxylés ou formoxylés, et aux thiosilicones.

([6]) G. Rio, *Comptes rendus*, 231, 1950, p. 781.

1. Les composés organiques ou minéraux possédant un *groupe hydroxyle* réagissent, en général, avec les alcoylhalogénosilanes, à l'exception des dérivés fluorés. La présence de diméthylaniline, fixant l'hydracide libéré, améliore le rendement de la réaction des méthylchlorosilanes et de l'*éthanol* (1).

L'adjonction d'une base tertiaire est encore plus avantageuse dans le cas des *phénols* ou des *acides organiques*. Elle nous a permis d'obtenir notamment l'acétate de triméthylsilyle avec un rendement supérieur à celui des méthodes antérieures (76 %).

Une solution anhydre de 0,2 mol de triméthylchlorosilane et 0,2 mol de pyridine dans 100 cm³ d'éther est agitée dans un appareil isolé de l'humidité atmosphérique. On ajoute peu à peu une solution de 0,2 mol d'acide acétique à 2 % d'anhydride, dans 50 cm³ d'éther. Après séparation du chlorhydrate de pyridine précipité, on isole, par distillation, le triméthylacétoxysilane $CH_3COOSi(CH_3)_3$ $E_{760} = 103°,5$, $F = -32°$.

Contrairement à d'autres dérivés du triméthylsilyle, ce composé réagit normalement avec les organomagnésiens : avec le chlorure de butylmagnésium, il donne le dibutylméthylcarbinol. $É_{760}$ (corr.) 201-202 :

Le triméthylformoxysilane $HCOOSi(CH_3)_3$ $É_{760}$ (corr.) 86°,5 (Rdt 65 %) a été préparé par un procédé analogue.

2. D'*autres* composés à *hydrogène mobile* ne réagissent pas, à la température ordinaire, avec les alcoxy- ou les alcoylhalogénosilanes. Tels sont les hydrures des métalloïdes de la famille du soufre et du phosphore, les mercaptans (2), les thioacides organiques, les silanethiols, l'acide cyanhydrique, l'acétylène, etc.

L'adjonction d'une base tertiaire peut alors permettre la réaction. Il est parfois nécessaire d'utiliser une amine à facteur de dissociation basique élevé : c'est ainsi que le diéthyldichlorosilane ne réagit pas avec l'hydrogène sélénié en présence de pyridine, mais la réaction se produit si l'on emploie la triéthylamine.

La pyridine permet cependant de condenser les dialcoyldichlorosilanes avec l'hydrogène sulfuré (3) : il se forme des thiosilicones dimères dont la structure rappelle celle des halogénosulfures de silicium. On a préparé ainsi :

le tétraméthylcyclodisilthiane $(CH_3)_2Si\langle{}^{S}_{S}\rangle Si(CH_3)_2$ cristaux incolores, F 113° (Rdt 68 %); P. M. trouvé 188; calculé 180.

le tétra *n*-propylcyclodisilthiane $(nC_3H_7)_2Si\langle{}^{S}_{S}\rangle Si(nC_3H_7)_2$, $É_{21}$ (corr.) 176°; F 23°5 (Rdt 65 % si l'on utilise la triéthylamine anhydre).

---

(1) D. V. N. HARDY, *J. Oil and Colour Chemists' Assoc.*, **32**, 1949, p. 202.

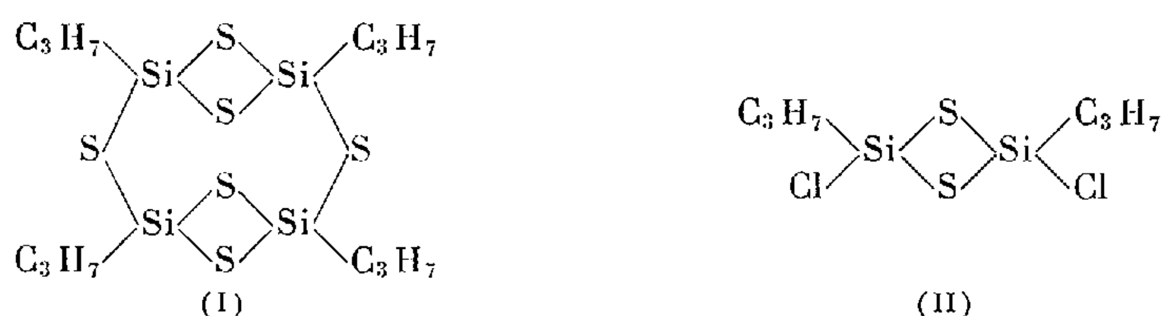
(2) H. W. POST, L. WOLINSKI et H. TIECKELMANN, *J. Org. Chem.* **16**, 1951, p. 395; U. S. P. 2.590.039, 1952.

(3) G. CHAMPETIER, Y. ÉTIENNE et R. KULLMANN, *Comptes rendus*, **234**, 1952, p. 1985.

Ces résultats sont en désaccord avec un brevet récent ([4]) d'après lequel la sulfhydratation pyridinique du diméthyldichlorosilane fournirait principalement un trimère $[(CH_3)_2SiS]_3$, F 106-107°.

Les autres modes de formation des thiosilicones fournissent également des *dimères* cycliques : ainsi, le tétraéthylcyclodisilthiane a été obtenu indifféremment par condensation du diéthyldiiodosilane avec le sulfure d'argent, par action du diéthyldichlorosilane sur les halogénures de sulfhydrylmagnésium (faibles rendements) ou par condensation du diéthylsilanedithiol.

En présence de pyridine, le *n*-propyltrichlorosilane $C_3H_7SiCl_3$ réagit avec l'hydrogène sulfuré. Après évaporation du solvant, il cristallise des tablettes incolores, F 86°; P.M. (cryométrie dans le cyclohexane), 487; calculé pour $[(SiC_3H_7)_2S_3]_2$, 476. La structure de ce composé correspond vraisemblablement au tétrapropyltricyclotetrasilthiane (I), car il se forme également à partir du *s*-dipropyldichlorocyclodisilthiane (II) $É_{760}$ (corr.) 261-263°; P.M. trouvé 275; calculé 277, dérivé que l'on obtient avec un très faible rendement par sulfhydrolyse du propyltrichlorosilane en présence d'une quantité insuffisante de pyridine.



Même en présence d'une base tertiaire, les dérivés organiques fluorés du silicium apparaissent bien moins actifs vis-à-vis des composés à hydrogène mobile, que leurs analogues chlorés, bromés ou iodés. Le triéthylfluorosilane n'est que très partiellement décomposé après plusieurs heures d'ébullition dans la pyridine aqueuse, et le diéthyldifluorosilane en solution pyridinique ne réagit pas avec l'hydrogène sulfuré.

MÉTÉOROLOGIE. — *La circulation générale dans le Sud-Ouest de l'Océan Indien méridional.* Note (*) de MM. **Raymond Jalu** et **André Viaut** ([1]), présentée par M. Albert Pérard.

Cette Note établit une relation entre les expulsions d'air polaire et la formation d'anticyclones migrateurs considérés comme accidents de la circulation générale; affirme l'existence de fronts chauds et de secteurs chauds nets, aux Kerguelen, pendant l'été austral, la relation entre les fortes expulsions d'air d'origine arctique et le déclenchement des « cyclones tropicaux de point triple », près de Madagascar.

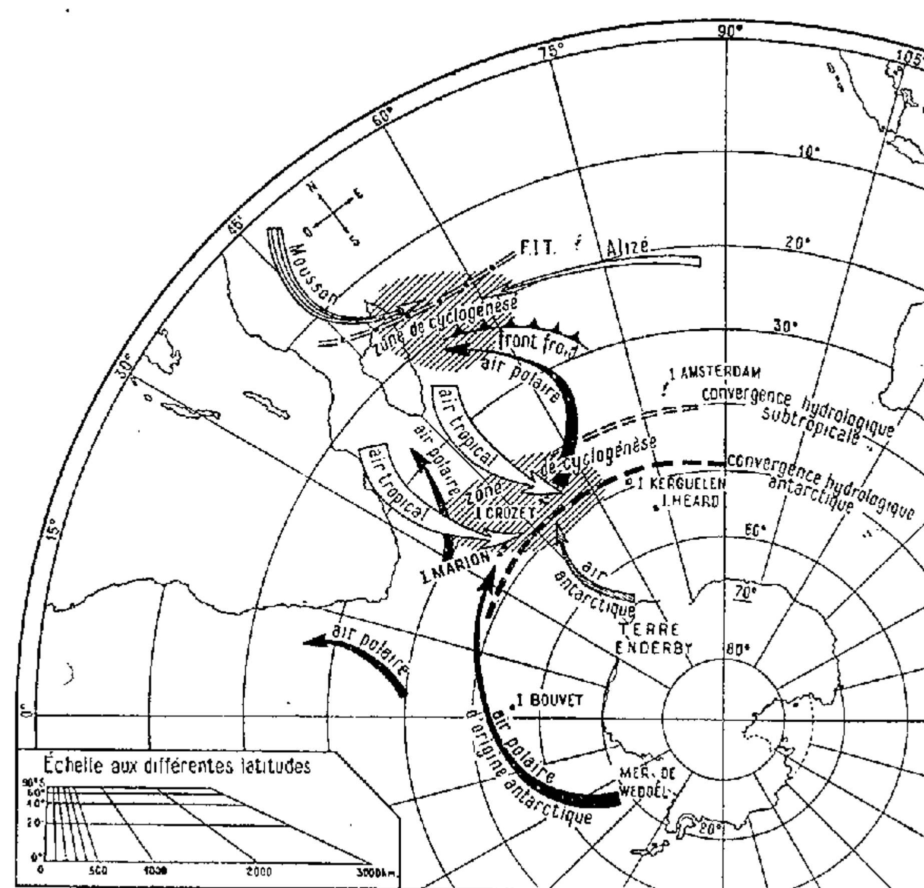
([4]) U. S. P. 2.567.724, 1951.

(*) Séance du 13 octobre 1952.

([1]) *Voir* Notes antérieures : *Comptes rendus*, **229**, 1949 p. 1352; **230**, 1950, p. 224; **230**, 1950, p. 563.

Pendant le séjour de la Mission Gouvernementale d'études dans l'archipel des Kerguelen de décembre 1949 à avril 1950 des cartes synoptiques ont été régulièrement tracées sur la partie méridionale de l'Océan Indien, jusqu'au continent antarctique. Elles ont permis. avec l'ensemble des observations de navires et des îles australes, d'apporter des précisions intéressantes sur la circulation générale dans le Sud-Ouest de l'Océan Indien pendant l'été austral.

1. Au Sud de la ceinture anticyclonique subtropicale, la pression baisse très rapidement vers le lit du courant de perturbations du « Front Polaire Austral ».



Masses d'air intéressant le Sud-Ouest de l'Océan Indien pendant l'été austral.

Le passage des perturbations qui modifient très rapidement et très profondément le champ isobarique se traduit par une succession de thalwegs dont l'extrémité Nord peut s'étendre très loin vers l'Afrique du Sud et Madagascar, suivis d'anticyclones mobiles qui longent l'anticyclone d'Atlantique Sud et s'en détachent pour aller rejoindre celui de l'Océan Indien.

2. Ces anticyclones migrateurs, qui se déplacent rapidement d'Ouest en Est, derrière le front froid de fin de famille, sont bien liés aux fortes expulsions d'air polaire (noyaux de variations de pression positifs importants) dont la grande fréquence (tous les trois ou quatre jours, à la fin de chaque famille ne comprenant généralement que deux ou trois membres) a pu donner l'impression que ces anticyclones mobiles constituaient un système permanent de circulation, alors qu'ils doivent être considérés comme de simples phénomènes transitoires dans la circulation générale.

3. *La structure* des perturbations du front polaire austral est semblable à celle définie par les théories norvégiennes dans l'hémisphère Nord, mais la période est généralement courte, entre 18 et 36 h; la vitesse de déplacement, d'Ouest en Est, est de l'ordre de 60 à 80 km/h, même en été

4. Ces perturbations subissent des transformations très rapides et prennent une intensité inégalée dans la *région fortement cyclogénétique des Iles Crozet.*

Les éléments de cette cyclogénèse sont :

a. L'importance de la circulation méridienne dans la zone de faiblesse entre les deux anticyclones d'Atlantique Sud et de l'Océan Indien;

b. Les conditions océanographiques caractérisées par la présence des « convergences hydrologiques » subtropicale et antarctique, du courant froid de Bouvet (Ouest-Est), limitrophe des eaux chaudes subtropicales (courant d'Agulha Nord Est-Sud Ouest), ainsi que par le resserrement des isothermes de l'eau de mer en surface;

Il semble enfin que la région de la Côte de la Terre Enderby soit une zone assez privilégiée d'expulsion d'air antarctique. Nous avons pu mettre en évidence des expulsions d'air antarctique de secteur Sud « spectaculaires », traversant les Kerguelen et s'étendant très loin vers le Nord.

5. L'invasion tropicale directe de secteur Nord sur la face occidentale de l'anticyclone de l'Océan Indien est également la cause d'une frontogénèse importante dans cette même région cyclogénétique des Iles Crozet; elle provoque la formation d'une *ondulation* sur le front polaire, et finalement d'une perturbation jeune avec *secteur chaud et front chaud actifs.* Enfin, il existe assez fréquemment un double étage de perturbations entre les latitudes de Heard et d'Amsterdam; lorsque les Kerguelen sont intéressées par ces « *perturbations emboîtées* », c'est le front chaud de l'étage le plus nord et le front froid de l'étage le plus sud qui sont les plus actifs.

6. Pendant l'été austral 1949-1950, la majeure partie des perturbations qui traversèrent les Kerguelen comportaient bien *un front chaud net* et un *secteur chaud* plus ou moins ouvert; et les tempêtes du secteur Nord ou Nord-Ouest furent *toutes* plus longues et plus violentes que celles du secteur Sud-Ouest, liées aux fronts froids; ce n'est que dans l'arrière-saison et au début de l'automne que les tempêtes du secteur froid de la perturbation égalaient celles du secteur chaud; il semble qu'on puisse affirmer que ce soit un fait général et que le tracé d'immenses occlusions ou de grands fronts froids, grossièrement orientés Sud-Nord, ne soit pas l'expression de la réalité, pendant l'été austral, dans la région des Crozet et des Kerguelen.

7. L'expulsion d'air polaire direct, visible sous forme de vastes zones de variations de hausse de pression peut, lors de la rupture du « front polaire », s'étendre très loin vers le Nord dans la région à l'Est de Mada-

gascar. Nous sommes amenés à penser que cette irruption d'air polaire, est une des causes déterminantes dans le déclenchement des *cyclones tropicaux de point triple*.

En effet, de décembre à février dans la région de Madagascar :

le F. I. T. atteint sa latitude la plus méridionale;

la convergence entre la mousson boréale de Nord-Ouest au Nord du F. I. T. et l'alizé de secteur Est, au Sud du F. I. T. est bien marquée;

à cette saison, les températures de l'eau de mer atteignent leur valeur maximum et dépassent la température critique de 27° signalée par Palmen (zone des courants marins les plus chauds de l'Océan Indien), l'air froid d'origine polaire pénétrant jusque dans cette zone détruit l'inversion de l'alizé, rompt l'équilibre thermique existant entre l'air et l'eau et apporte l'énergie nécessaire au déclenchement du cyclone.

CHIMIE VÉGÉTALE. — *Étude de quelques constituants chimiques du pollen de* Corylus avellana *L.* Note (*) de M. **Antoine Sosa** et Mme **Cécile Sosa-Bourdouil**, présentée par M. Marcel Delépine.

Nous avons isolé (pour la premiers fois) du pollen de *Corylus avellana* L. les composés suivants : le tricosane, un alcool $C_{16}H_{32}O$ (F 64°), deux stérols non saturés $C_{21}H_{36}O$ et $C_{26}H_{44}O$, l'acide palmitique, un acide en C_{12} et un acide tricosanique ramifié $C_{23}H_{46}O$ (F 75°). Nous avons séparé de très faibles quantités de substances basiques et cétoniques, dosé les acides nucléiques, mis en évidence l'amidon.

Poursuivant nos recherches sur les pollens ([1]) nous étudions ici le pollen de *Corylus avellana* L. Les travaux anciens (1886) de Schulze et von Planta signalent la présence de saccharose et de cholestérine. Nous avons confirmé la présence de saccharose, la chromatographie sur papier n'a pas révélé de sucre interverti. En ce qui concerne la cholestérine, nous verrons qu'il s'agit d'un mélange d'au moins deux phytostérols différents du cholestérol.

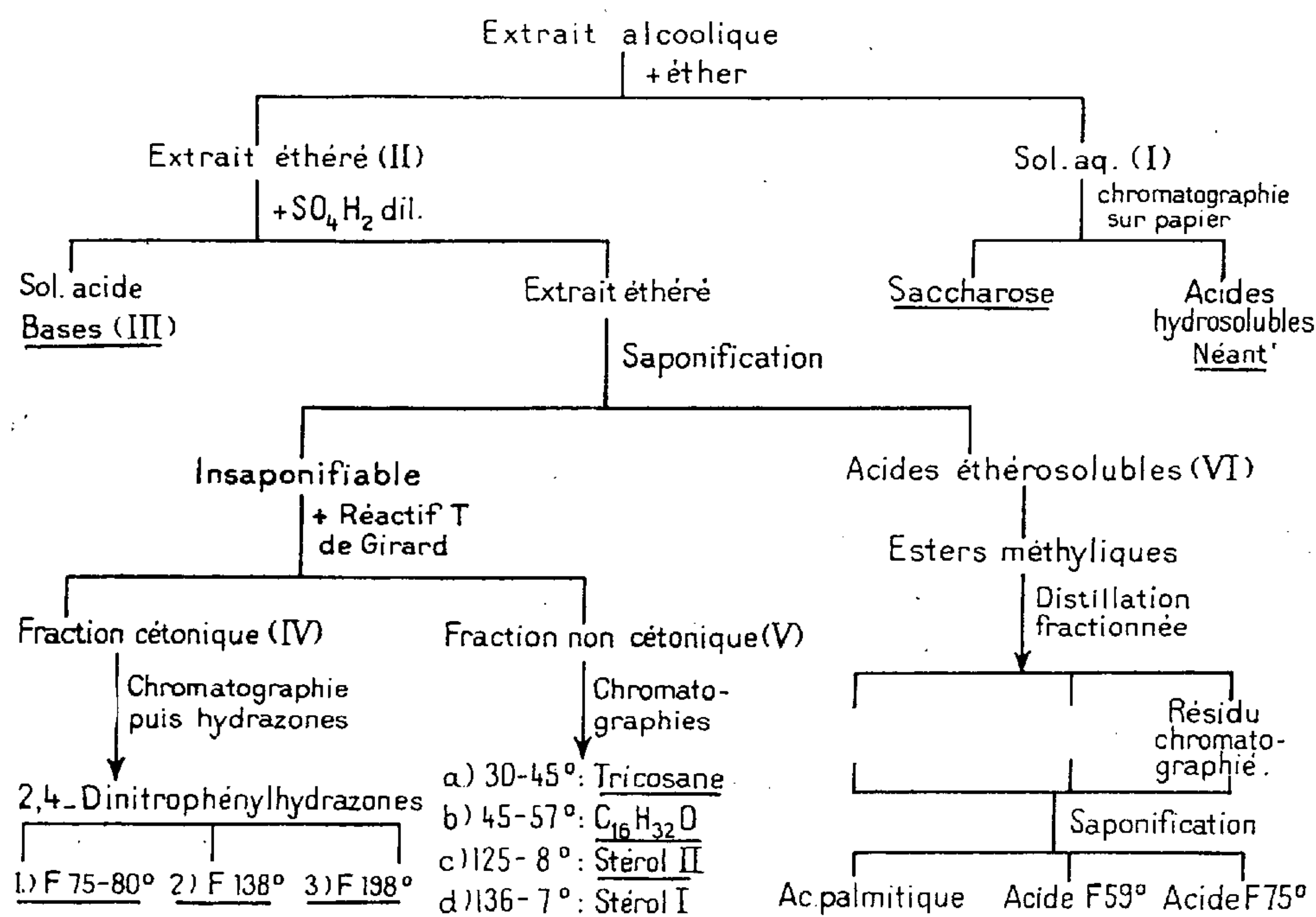
Schulze et von Planta ont étudié d'autre part quelques principes azotés. Else et Ganzmuller (1931) donnent les proportions de lipides, protides et la composition des cendres; ils signalent la présence de catalase et d'amylase. Michel-Durand (1938) a étudié les diverses fractions phosphorées. Zetzshe et Vicari (1938) ont extrait du pollen de *C. avellana* la substance fondamentale de la membrane, une pollénine ($C_{90}H_{138}O_{22}$) et la cellulose. Yakuschine en 1947 révèle dans ces organes la présence de substances de croissance. La teneur en vitamine B_2 a été déterminée en 1947 par Segronsky.

(*) Séance du 13 octobre 1952.

([1]) C. Sosa-Bourdouil, *Comptes rendus*, **205**, 1937, p. 335; **206**, 1938, p. 1407; **234**, 1952, p. 2558.

Nous avons trouvé des teneurs relativement faibles en vitamine C. En ce qui concerne les acides nucléiques, le dosage effectué d'après la technique de Vendrely et Sarciron donne une teneur de 1,35 % de substance sèche. La réaction de Dische appliquée à la fraction nucléique n'est pas nettement positive, ce résultat ayant été obtenu par ailleurs pour un certain nombre de pollens. La réaction au xanthydrol d'après Pesez n'est pas non plus sensiblement positive. La réaction de l'*amidon* effectuée sur la fraction insoluble dans l'alcool est très nettement positive.

Partie expérimentale. — L'extrait alcoolique est épuisé par l'éther et la fraction éthérosoluble est soumise aux fractionnements indiqués sur le *schéma* ci-joint.



La fraction (I) a été soumise à la chromatographie de partage sur papier : *a*. pour la recherche de *glucides*; *b*. pour la recherche des *acides* organiques hydrosolubles. Dans le premier cas nous avons mis en évidence un seul sucre (le *saccharose*); dans le deuxième, aucun acide n'a pu être décelé.

De la fraction éthérosoluble (II) (environ 15 % du pollen) nous avons obtenu les résultats suivants rapportés à 100 g de pollen : acides gras, 5; insaponifiable, 2,6; bases, 0,015; substances cétoniques, 0,048; hydrocarbures, 0,57; alcool en C_{16}, 0,14; stérols, 0,6.

Comme on le voit, les fractions *basiques* (III) et *cétoniques* (IV) sont de beaucoup les moins abondantes. Néanmoins les dernières sont constituées d'au moins trois composés différents dont les 2.4-dinitrophénylhydrazones fondent respectivement à 75-80°, 138 et 198°.

A partir de la fraction non cétonique (V) de l'insaponifiable, nous avons isolé deux composés aliphatiques (tricosane et un alcool en C_{16}) et deux stérols (non saturés) en C_{21} et C_{26}.

Tricosane $C_{23}H_{48}$. — F 47°. Analyse (%) : C 84,8; H 14,3 (calculé, C 85,1; H 14,9).

Alcool $C_{16}H_{32}O$. — Cristaux incolores, F 63-64°. Analyse (%) : C 79,83; H 13,50 (calculé, C 79,93, H 13,41). Acétate, F 51°.

Stérol I, $C_{26}H_{44}O$. — Lamelles incolores, F 138°,5, $[\alpha]_D^{18}$ — 25°,3, $[\alpha]_V^{18}$ — 29°,4 (dans $CHCl_3$). Fixe du brome. Réaction Salkowski positive. Analyse % : C 83,52; H 12,15 (calculé, C 83,80, H 11,90). Acétate, F 126°.

Stérol II, $C_{21}H_{36}O$ (le moins abondant). — Petits cristaux incolores, F 136°,5. Fixe du brome. Réaction Salkowski positive. Analyse % : C 82,56; H 12,14 (calculé C 82,83; H 11,92). — Acétate, F 121-1°,5.

Quant aux acides éthérosolubles (VI) jusqu'à présent nous en avons isolé trois : l'*acide palmitique*, l'*acide en* C_{12} (F 59-60°) et un *acide tricosanique ramifié* ($C_{23}H_{46}O_2$); leurs esters méthyliques ont été préparés à l'aide du diazométhane.

Acide palmitique $C_{16}H_{32}O_2$. — Cristaux incolores, F 62°. Analyse % : C 75,36, H 12,38; P. M. 244 (calculé, C 74,94; H 12,58; P. M. 256,4). Ester méthylique, F 29°.

Acide $C_{12}H_{24}O_2$. — Cristaux incolores, F 59-60°. Analyse % : C 72,39; H 12,10; P. M. 230 (calculé, C 71,95; H 12,08; P. M. 200,3).

Acide tricosanique ramifié $C_{23}H_{46}O_2$. — Cristaux incolores, F 75°. Analyse % : C 77,75; H 13,08; P. M. 358 (calculé, C 77,90; H 13,08; P. M. 324,59). Ester méthylique, F environ 71°.

HISTOPHYSIOLOGIE. — *Particularités histologiques de la glande du sinus et de l'organe* X (*organe de Bellonci*) *chez* Sphæroma serratum *Fabr*. Note de M. **Manfred Gabe**, présentée par M. Louis Fage.

L'organe de Bellonci du Sphérome est riche en un glucide Hotchkiss-positif; la glande du sinus contient, à côté des grains de sécrétion oxyphiles, des granules cyanophiles et Hotchkiss-positifs. Les deux organes subissent des changements nets de structure au cours du cycle d'intermue.

L'abondance des renseignements d'ordre morphologique et physiologique sur les formations endocrines du pédoncule oculaire des Crustacés décapodes contraste avec la rareté des données sur les organes correspondants chez les Crustacés péracarides et, en particulier, chez les Isopodes.

Jusqu'à une date assez récente, on ne connaissait une glande du sinus que chez les Oniscoïdes et chez *Asellus aquaticus* [organe pseudofrontal de Gräber ([1])]. Quant à l'organe X, tous les auteurs admettaient son absence chez les Isopodes. Les recherches de R. Amar ([2]) aboutissent à l'identification de la glande du sinus chez des représentants des principales tribus d'Isopodes marins; ce même auteur interprète la formation décrite par Bellonci ([3]) chez *Sphæroma serratum* Fabr. comme étant un organe X et montre sa présence chez les autres Isopodes marins.

L'examen d'un grand nombre d'individus de *Sph. serratum* me permet de confirmer en tous points la description anatomique donnée par Amar et d'y joindre quelques précisions sur l'histochimie des deux glandes et et sur leurs modifications au cours du cycle d'intermue.

L'organe de Bellonci est une vésicule ovoïde, située à la hauteur de la *lamina ganglionaris*, reliée aux centres optiques par un volumineux nerf et composée d'une basale très mince, sur laquelle repose un épithélium cylindrique. Les limites cellulaires sont très nettes; les noyaux sont centraux, assez clairs; dans le cytoplasme, on ne trouve que des traces de ribonucléines pyroninophiles, mais la réaction de Hotchkiss-Mc Manus y montre une grande abondance d'un glucide différent du glycogène. La cavité délimitée par cet épithélium contient de nombreux grains de sécrétion acidophiles, groupés le long du pôle apical des cellules, ainsi qu'une masse centrale, homogène ou réticulée, qui prend énergiquement le vert solide, le bleu d'aniline; elle donne fortement la réaction de Hotchkiss.

La glande du sinus affecte la forme d'une calotte qui moule le bord ventral de la *medulla externa* et est en continuité avec le névrilemme du protocérébron; elle contient des noyaux rares et petits, de nombreux grains ronds ou anguleux, fortement acidophiles, ainsi que des grains beaucoup plus petits, cyanophiles et Hotchkiss-positifs.

Les deux organes subissent des modifications importantes au cours du cycle d'intermue.

A la période de stabilité physiologique [étape C de Drach ([4])], l'organe de Bellonci est très riche en produits de sécrétion; les grains acidophiles forment une couche épaisse en bordure des cellules épithéliales; leur migration dans le pédoncule, vers la *medulla externa*, est très nette. Le centre de l'organe est très riche en « colloïde » cyanophile et Hotchkiss-positive; les cellules de l'épithélium, enfin, contiennent une grande abon-

---

([1]) *Z. Morphol. Okol. Tiere*, 26, 1933, p. 334.
([2]) *Thèse Doct. Sciences*, Paris, 1950.
([3]) *Atti Reale Acad. Lincei*, (3), 10, 1881, p. 228.
([4]) *Thèse Doct. Sciences*, Paris, 1939.

dance de glucides Hotchkiss-positifs. Quant à la glande du sinus, les grains acidophiles y sont très abondants.

Au moment de la préparation à la mue (étape D), l'abondance des composés Hotchkiss-positifs contenus dans l'organe de Bellonci diminue considérablement; la « colloïde » centrale disparaît entièrement; les cellules épithéliales ne contiennent plus que des traces de glucides oxydables par l'acide periodique. La diminution des grains acidophiles est moins rapide; les images de leur migration vers la *medulla externa* ne se font rares que lorsque l'édification du nouveau squelette est très avancée. L'étape D du cycle d'intermue comporte également une diminution progressive du produit de sécrétion acidophile de la glande du sinus; les petits grains cyanophiles et Hotchkiss-positifs sont, au contraire, plus abondants.

Chez l'individu qui vient de muer (étape A), l'organe de Bellonci est entièrement vidé de produits Hotchkiss-positifs et très pauvre en grains de sécrétion acidophiles; la glande du sinus ne contient que de rares grains acidophiles. L'étape B comporte une augmentation rapide de ces produits, avec retour à l'état décrit à propos de l'étape C.

L'étude histologique permet donc de retrouver, chez *Sph. serratum*, des particularités décrites récemment à propos des formations endocrines du pédoncule oculaire des Décapodes. En effet, l'organe de Hanström (organe X) des Décapodes est caractérisé par sa richesse en un glucide Hotchkiss-positif et cette particularité histochimique facilite grandement l'identification de l'organe X des Oniscoïdes ([5]). Les données histochimiques confirment donc l'homologation proposée par Amar pour des raisons d'ordre anatomique. Quant à la glande du sinus du Sphérome, on y trouve, comme chez les Décapodes et chez les Oniscoïdes, un produit de sécrétion acidophile et Hotchkiss-négatif, ainsi qu'un produit cyanophile et Hotchkiss-positif.

Les modifications de la glande du sinus au cours du cycle d'intermue de *Sph. serratum* rappellent celles qui ont été signalées chez certains Décapodes ([6]) et chez *Oniscus asellus* ([7]); elles sont en faveur d'une intervention de cet organe dans les phénomènes physiologiques du cycle d'intermue. Quant aux changements que subit l'organe de Bellonci, changements non encore signalés à propos d'autres Crustacés, ils peuvent être interprétés dans le même sens; il y a lieu de rapprocher cette constatation histologique des résultats physiologiques qui prouvent l'intervention de l'organe X dans les phénomènes de la mue chez les Décapodes brachyoures ([8]), ([9]).

([5]) M. GABE, *Comptes rendus*, 235, 1952, p. 90.
([6]) R. W. PYLE, *Biol. Bulletin*, 85, 1943, p. 87.
([7]) M. GABE, *Comptes rendus*, 235, 1952, p. 900.
([8]) L. M. PASSANO, *Anat. Rec.*, 111, 1951, p. 86.
([9]) D. E. BLISS, *Anat. Rec.*, 111, 1951, p. 86.

PROTISTOLOGIE. — *Un parasite des œufs de Sardine :* l'Ichthyodinium chabelardi, *nov. gen., nov. sp.* (*Péridinien parasite*). Note de MM. **André Hollande** et **Jean Cachon**, présentée par M. Pierre-P. Grassé.

La découverte en 1931, par Miss Brown, d'un *Amylodinium* (Chatton en fait un *Oodinium*) parasite de divers Poissons marins, faisait entrer les Péridiniens dans la pathologie des Vertébrés. Elle n'élargissait cependant le cadre écologique que des seuls Oodinidæ, ectoparasites fixés à leur hôte par l'intermédiaire de pseudopodes ou de rhizoïdes. Les Péridiniens endoparasites (*Syndinium*, des Copépodes, *Solenodinium* ou *Merodinium* des Radiolaires) restaient sans réplique chez les Vertébrés.

Un curieux parasite s'attaque aux œufs ou aux très jeunes alevins de Sardines. De récentes observations nous ont permis de reconnaître en lui un Syndinide nouveau. Nous le nommerons *Ichthyodinium chabelardi* et ferons connaître ici quelques particularités de sa morphologie et de son cycle évolutif.

Les jeunes *Ichthyodinium*, toujours peu nombreux (de 1 à 3) dans un même œuf, logent au sein de l'endoplasme ovulaire. Faiblement réfringents, ils sont sphériques et d'un diamètre inférieur à 8 μ. Limités par une membrane délicate, ils renferment un unique noyau qui occupe l'un des pôles de la sphère. Ils sont creusés, en outre, d'une grosse vacuole qui refoule le plasma à la périphérie de l'organisme. Des inclusions sidérophiles périnucléaires semblent pouvoir être interprétées comme des dictyosomes.

Ces jeunes stades s'accroissent avec rapidité surtout par l'hypertrophie de leur vacuole qui se charge en vitellus et devient centrale. Les caryocinèses n'étant pas suivies de plasmotomie, on assiste à la formation de plasmodes géants ou *schizontes primordiaux* dont le diamètre peut atteindre 100 μ.

Les schizontes primordiaux, après s'être multipliés par simple scission transversale, se résolvent finalement, selon une modalité sans équivalent chez les autres Syndinides, en leurs énergides constitutives. Tandis que se résorbe peu à peu le contenu de la vacuole centrale, une importante masse cytoplasmique se condense autour des divers noyaux du parasite; chaque caryosphère est alors le lieu d'origine d'une évagination digitiforme, d'un bourgeon qui naît à la surface du plasmode, s'enfonce dans le vitellus ambiant puis se sépare de l'organisme maternel. Celui-ci finalement disparaît sans laisser de résidu cytoplasmique.

Les bourgeons ou *schizontes secondaires*, cylindriques ou en forme de raquette, sont longs d'environ 20 μ; chacun d'eux se creuse d'une vacuole oblongue qui refoule la presque totalité du plasma dans la région apicale,

là où loge le noyau. Après une courte période de croissance, ils prennent une forme grossièrement triangulaire, se chargent, à leur antipôle, de gouttelettes de lécithine, puis subissent aussitôt une bipartition longitudinale. Les *Ichthyodinium*-fils restent étroitement accolés par leurs pôles postérieurs et constituent des rosaces, puis de longs cordons cellulaires faits de huit rangées de schizontes.

Les réserves épuisées, les divisions se poursuivent et donnent des individus qui s'isolent et dont la taille décroît progressivement. Ceux de la dernière génération, subsphériques et d'un diamètre de 15 à 20 μ, rappellent morphologiquement les jeunes trophozoïtes uninucléés tels qu'on les observe au début de l'évolution de l'*Ichthyodinium*.

Malgré la présence de son parasite, l'œuf subit une évolution normale, mais la vésicule vitelline de l'alevin, d'un aspect opalescent, blanc laiteux, éclate peu après l'éclosion et la libération du parasite s'accompagne de la mort du jeune Poisson.

Dans l'eau, les *Ichthyodinium* subissent encore une ou deux scissions puis ils deviennent flagellés. La zoospore nage avec lenteur, elle est dépourvue, semble-t-il, de sillon et de ceinture; elle se déplace paresseusement en tournoyant sur elle-même. Le noyau est postérieur. L'appareil flagellaire est d'une observation très délicate : nous ne voyons en toute certitude qu'un seul flagelle, très ténu, long, et qui traîne plus ou moins passivement à l'arrière, du corps; mais l'existence d'un deuxième fouet paraît probable étant donné le mode de nage de l'*Ichthyodinium*.

Les zoospores de l'*Ichthyodinium*, très fragiles, ont une destinée inconnue. Peut-être sont-elles à l'origine des jeunes schizontes observés dans les œufs de Sardines fraîchement pondus, mais nous ignorons le mode de contamination de ces derniers. Nous n'avons pu, même après l'inoculation de spores au sein du vitellus, infecter des œufs de Sardine préalablement reconnus indemnes. Dans les cultures, les spores ne tardent pas à s'immobiliser, puis dégénèrent après quelques jours. Aucune conjugaison ne semble avoir lieu, que l'on mette en présence des spores issues d'un même œuf ou d'œufs différents.

Les données précédentes, à elles seules, ne sauraient permettre de préciser la position systématique du genre *Ichthyodinium*. Sa nature péridinienne, si aberrante que soit la structure de la spore, est attestée par le fait que les noyaux sont des dinocaryons et leur mitose, une dinomitose. Le nombre des chromosomes est de six. Cinq d'entre eux forment une figure en demi-fuseau faite de dix filaments pliés en V très aigu et dont les sommets sont au pôle de la mitose. Le sixième chromosome, beaucoup plus court, siège, d'une façon à peu près constante au voisinage du nucléole. Le cycle de spiralisation des chromosomes a pu être suivi. Il fait songer à celui des *Merodinium* parasites des Radiolaires.

ANATOMIE COMPARÉE. — *Les caractéristiques fondamentales du cerveau des* Giraffidæ. Note de M[lle] **Madeleine Friant**, présentée par M. Émile Roubaud.

L'étude du développement cérébral de la Girafe permet à l'auteur d'interpréter l'*Insula* de ce Ruminant et, par suite, les circonvolutions du *Pallium* tout entier. De ces recherches, il résulte que les *Giraffidæ*, si étranges à tant d'égards, s'éloignent encore des autres Sélénodontes par la morphologie de leur cerveau.

En dépit des travaux de plusieurs auteurs : S. Krueg (1878), G. Elliot Smith (1902), Davidson Black (1915), W. E. Le Gros Clark (1939) et moi-même (1939 et 1943), sur le cerveau des *Giraffidæ*, les plissements de son *Pallium*, extrêmement complexes, étaient jusqu'ici demeurés inexplicables, en raison du manque de données embryologiques.

Deux fœtus de Girafe (*Giraffa camelopardalis* L.) (longueurs respectives : 40 et 80 cm), des Collections de l'Université de Lund, m'ont permis, grâce à M. le Professeur G. Glimstedt, d'interpréter le cerveau de ce Ruminant si particulier et celui de son proche allié, l'Okapi (*Okapia*).

Certains caractères du télencéphale sont, il est vrai, ceux des Ongulés artiodactyles sélénodontes :

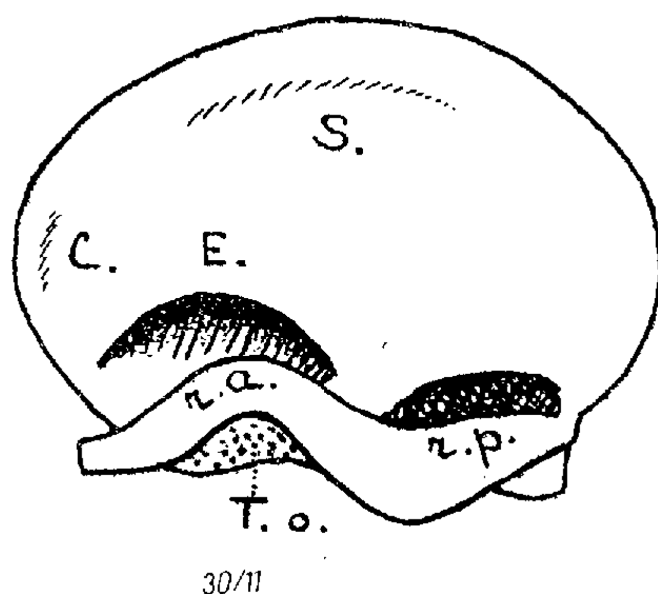
1. *L'allongement et le surbaissement* du cerveau de l'adulte; mais, chez l'Okapi surtout, la largeur cérébrale est plus considérable qu'à l'ordinaire.
2. *L'aspect longitudinal des sillons*, très net au début du développement.
3. La direction du *Coronal, qui prolonge la Suprasylvia*, quoique masquée, chez l'adulte, par la ramification de ces *sulci*.
4. *L'absence de Pseudosylvia*, comme il est fréquent chez les Ruminants.
5. La position du *Splénial*, *tout entier sur la face interne des Hémisphères*, de même que, parfois, dans ce groupe.

D'autres caractères morphologiques sont, par contre, spéciaux aux *Giraffidæ*. Il faut, tout d'abord, signaler la présence de *deux régions operculisées* qui, continues en apparence, à l'âge adulte, sont distinctes au début du développement (*fig.* 1).

1° La Scissure rhinale, comme le laissait prévoir le cerveau de l'adulte, est bien le *sillon d'operculisation postérieure*, operculisation qui ne s'observe pas chez les autres Sélénodontes et rappelle ce qui existe chez les Périssodactyles : Tapir, Rhinocéros et Cheval (R. Anthony et J. de Grzybowski, 1930; M. Friant, 1950).

2° L'*Ectosylvia* qui, dès le début de l'évolution, ne constitue nullement une fosse sylvienne, comme chez le *Lithocranius* (M. Friant, 1939) et le Mouton (R. Anthony et J. de Grzybowski, 1936), parmi les Sélénodontes

dont l'embryogénie cérébrale est connue, affecte l'aspect d'un arc surbaissé qui s'enfonce progressivement dans la profondeur, au cours du développement. La lèvre de l'*operculisation antérieure*, ainsi constituée, s'entaille de nombreux sillons dont aucun, par suite, ne correspond à un véritable complexe sylvien.



Fœtus de *Giraffa camelopardalis* L. (Girafe), dont la mère fut tuée à Nairobi, près du Kénya, en 1929, lors de l'Expédition suédoise en Afrique centrale. Collections de l'Institut Tornblad d'Embryologie comparée de l'Université de Lund. Longueur du fœtus, de l'extrémité du museau à l'origine de la queue, en passant par la courbure dorsale : 40 cm. *Cerveau* : schéma de la face latérale gauche (les bulbes olfactifs ont été sectionnés). C : coronal; E : *Ectosylvia*; *r. a.* : scissure rhinale antérieure; *r. p.* : scissure rhinale postérieure; S : *Suprasylvia*; T. o. tubercule olfactif. L'avant est à gauche. (Une fois et demie grandeur naturelle.)

De ces observations, il résulte que l'*Insula* de l'adulte comporte :

1° Une *région néopalléale* : le *Gyrus arcuatus* I, à l'exception de sa partie antéro-inférieure; cela est de règle chez les Sélénodontes.

2° Une *région rhinencéphalique*, la face supérieure du lobe piriforme, comme chez les Périssodactyles.

L'*Insula*, très étendue, des *Giraffidæ*, demeurée jusqu'ici inexplicable, permet, maintenant, de déterminer les circonvolutions cérébrales superficielles. Le *Gyrus arcuatus* II, en particulier, se trouve divisé en deux étages, inférieur et supérieur, par trois sillons très allongés et ramifiés chez l'adulte, mais bien distincts au cours du développement, les *sulci* α, γ et δ, dont le médian, le *sulcus* α, est spécial aux *Giraffidæ*, alors que les deux autres caractérisent le *Neopallium* de tous les grands Artiodactyles.

Les *Giraffidæ*, si étranges à tant d'égards, s'éloignent donc encore, au point de vue cérébral, des autres Sélénodontes et même des autres Artiodactyles, par la morphologie de leur *Insula*, qui les rapproche, en quelque mesure, des Périssodactyles.

Cette Note résume les conclusions d'un Mémoire sur le développement cérébral de la Girafe, qui paraîtra dans les *Acta anatomica*.

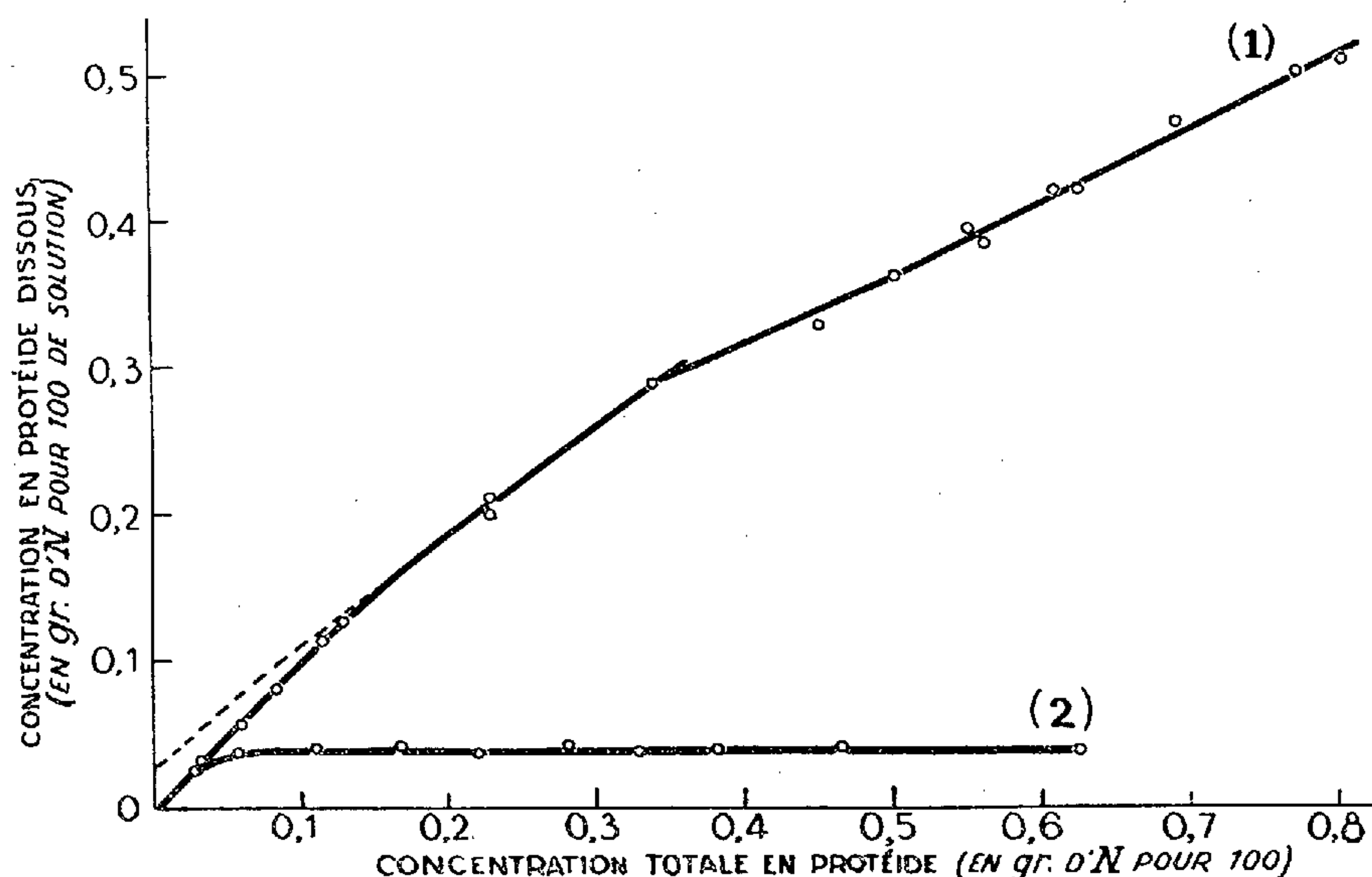
PHYSICOCHIMIE BIOLOGIQUE. — *Solubilité de la sérum-albumine de Cheval préparée par cristallisation en milieu neutre ou alcalin.* Note de M. **Jean-Jacques Pérez**, présentée par M. Jacques Tréfouël.

La sérum-albumine de Cheval cristallisée en milieu neutre ou alcalin a des caractères de solubilité très différents de ceux de la sérum-albumine cristallisée en milieu acide.

Dans une Note précédente (1) nous avons montré qu'il était possible de faire cristalliser l'albumine du sérum de Cheval en milieu neutre ou alcalin, en présence du sulfate d'ammonium à demi-saturation. On pourrait penser que, dans ces conditions, il se forme des cristaux d'albuminate d'ammonium, tandis que, par la technique classique de cristallisation en milieu acide, il se formerait un sulfate d'albumine (2). En réalité, le phénomène est moins simple : l'albumine préparée par cristallisation en milieu alcalin à partir des eaux-mères de précipitation des globulines et purifiée par plusieurs cristallisations en milieu alcalin (appelons-la albumine alcaline) a des caractères de solubilité qui la distinguent nettement de l'albumine préparée par cristallisation en milieu acide (appelons-la albumine acide) (3), même si celle-ci, après plusieurs cristallisations en milieu acide, a été finalement recristallisée en milieu alcalin. Comparons, en effet, la solubilité de ces deux albumines, en fonction de la concentration en protéides, en présence de sulfate d'ammonium à demi-saturation, à pH 7, à 20°. Pour cela, on prépare une série de mélanges de même volume en ajoutant à un volume donné d'une solution saturée de sulfate d'ammonium, à pH 7, le même volume d'une solution aqueuse d'albumine plus ou moins concentrée, également à pH 7. Quand, dans chaque mélange, l'équilibre entre la solution et le précipité formé est atteint, on vérifie que le pH n'a pas varié, puis on mesure la concentration en protéide dissous de chaque mélange. Les résultats obtenus sont représentés graphiquement en portant en abscisses les concentrations en protéide total des mélanges et, en ordonnées, les concentrations en protéides dissous (toutes les concentrations en protéides sont exprimées en azote). On voit immédiatement que l'albumine alcaline (courbe 2) est beaucoup moins soluble que l'albumine acide (courbe 1) puisqu'elle commence à cristalliser pour une concentration en azote total voisine de 0,025 %, alors que l'albumine acide ne commence à cristalliser que pour une concentration dix fois plus grande. La diffé-

(1) *Comptes rendus*, 227, 1948, p. 915.
(2) *Cf.* Rimington et van den Ende; *Biochem. J.*, 34, 1940, p. 941.
(3) Albumine purifiée par dix cristallisations successives.

rence de solubilité paraît même beaucoup plus importante à première vue qu'elle ne l'est en réalité, du fait que la précipitation de l'albumine alcaline débute rapidement dans les mélanges peu concentrés en protéide et devient instantanée quand la concentration en azote total atteint 0,2 %. Par



contre, dans le cas de l'albumine acide, les cristaux n'apparaissent, dans les mélanges peu concentrés, qu'au bout de 24 à 48 h et l'équilibre n'est atteint qu'au bout de 2 à 3 semaines. La courbe de solubilité de l'albumine acide, formée de plusieurs segments de droite de pentes différentes, montre que cette albumine renferme au moins trois composants de solubilité différentes. Il est difficile d'atteindre la saturation pour l'ensemble de ces composants. Pour le mélange le plus concentré (0,8 % d'N total), la concentration en azote dissous dépasse 0,5 g %. Dans le cas de l'albumine alcaline, la saturation est atteinte pour une concentration en azote total de 0,045 g % et la solubilité constante est alors de 0,040 g %. La concentration en protéide de la solution saturée d'albumine acide est donc au moins 12 fois plus grande que celle de l'albumine alcaline. L'albumine alcaline est, elle aussi, un mélange puisque sa courbe de solubilité ne passe pas directement de la pente 1 à la pente 0. Remarquons enfin, que le composant fondamental de l'albumine alcaline semble être, d'après l'extrapolation de la courbe de solubilité de l'albumine acide, identique au composant le moins soluble de l'albumine acide.

En résumé, l'albumine préparée par cristallisation en milieu alcalin, à partir des eaux-mères des globulines, a des caractères de solubilité très différents de ceux de l'albumine préparée par cristallisation en milieu

acide. Cette albumine serait constituée, en majeure partie, d'une albumine peu soluble et d'un autre composant ne se trouvant pas dans l'albumine acide purifiée par plusieurs cristallisations.

PHYSICOCHIMIE BIOLOGIQUE. — *Sur la production, l'extraction et les propriétés physicochimiques de la chlamydosporine.* Note (*) de MM. **Albert Faivre-Amiot, Hermon Darpoux** et **Louis Roux**, présentée par M. Jacques Tréfouël.

Du mycélium d'un *Fusarium*, isolé d'un insecte, on a extrait deux substances antibiotiques voisines : la chlamydosporine A, amorphe, et la chlamydosporine B, cristallisée. Elles contiennent toutes les deux environ 4 % d'azote mais pas de soufre. Elles sont très stables. Leur spectre d'activité a fait l'objet d'une autre Note.

Dans une Note précédente [1] nous avons signalé l'activité *in vitro* sur de nombreux germes d'un nouvel antibiotique, la chlamydosporine, sécrété par un *Fusarium.*

Il a été possible d'extraire cette substance et de déterminer quelques-unes de ses propriétés physiques et chimiques.

La culture du Champignon pour la production d'antibiotique a été faite en culture stationnaire dans des boîtes de Roux. Différents milieux furent essayés; les milieux naturels à base de maïs germé, de carottes ou de pommes de terre donnèrent les meilleurs résultats. L'un d'eux [2], mis au point par nous, a permis d'extraire du mycélium d'une culture de 21 jours, 86 mg par boîte de Roux d'une substance partiellement purifiée qui inhibait le *Bacillus subtilis* à la dilution de 1/3 000 000.

Au début, nous avons extrait l'antibiotique du jus de culture, mais on obtient un rendement beaucoup plus élevé en partant du mycélium. Ce dernier est essoré, séché, puis épuisé au Soxhlet par un mélange acétone-chloroforme (9 — 1). Après évaporation du solvant (sous pression réduite à 50° C), on obtient une masse brune huileuse qui inhibe déjà le *Bacillus subtilis* à la dilution de 1/400 000. Cependant, cet extrait contient encore 90 à 95 % d'impuretés constituées en majeure partie par une huile jaune et inactive et d'environ 5 % d'une substance incolore cristalline (F 159°) très soluble dans l'éther, mais inactive. La plus grande partie de ces impuretés est éliminée en diluant l'extrait brut dans dix fois son volume d'éther. L'antibiotique insoluble précipite; il est recueilli par filtration et redissous

(*) Séance du 13 octobre 1952.

(1) A. Faivre-Amiot et H. Darpoux, *Comptes rendus*, 235, 1952, p. 912.

(2) Pommes de terre, 200 g ; saccharose, 20 g ; extrait de viande de Liebig, 5 g ; eau du robinet. 1 l.

par quelques millilitres d'acétone, puis il est précipité de nouveau par 20 volumes d'éther; la fraction soluble est éliminée. On répète une dernière fois cette précipitation à l'éther. Par dessiccation, on obtient une masse brune transparente dure, craquelée, inhibant le *Bacillus subtilis* à la dilution de 1/3 000 000.

En chromatographiant sur alumine dans le chloroforme et en développant ensuite par l'acétone, puis par un mélange acétone éthanol, nous avons obtenu différentes fractions. Les premières sont plus actives et inhibent le *Bacillus subtilis* à la dilution de 1/8 000 000, les dernières moins actives restent capables d'inhiber le *B. subtilis* à la dilution de 1/2 000 000.

En dissolvant chacune de ces fractions dans quelques gouttes d'acétone, et en diluant ensuite par 10 à 20 volumes de chloroforme, on obtient par refroidissement des cristaux en aiguilles de plus en plus abondants et paraissant même constituer la totalité des dernières fractions. Ces cristaux sont moins actifs que l'ensemble des premières fractions; cependant, vu leur abondance et l'activité encore très grande qu'ils possèdent (inhibition de *B. subtilis* à la dilution de 1/2 000 000), ils ne semblent pas constituer une impureté; nous pensons plutôt avoir affaire à deux antibiotiques ou peut-être à deux formes différentes du même antibiotique. Nous désignerons provisoirement ces deux substances par les lettres A et B.

La chlamydosporine A (la plus active) n'a pu jusqu'ici être obtenue cristallisée. Elle se présente sous forme d'une masse brune transparente, dure, craquelée, peu soluble dans l'eau, soluble dans le chloroforme, l'acétone, le méthanol, l'éthanol, le butanol; elle est beaucoup moins soluble dans les alcools supérieurs. La chlamydosporine B (cristallisée) incolore, plus soluble dans l'eau, est beaucoup moins soluble dans le chloroforme que la substance A. Les solubilités dans l'acétone et dans les premiers termes de la série des alcools sont semblables. Les deux substances sont insolubles dans l'éther, le benzène, l'hexane et les carbures saturés.

Toutes les fractions contiennent de l'azote (4,3 % dans les premières fractions). Il n'y a pas de soufre, nous avons trouvé des traces d'halogènes, mais ces dernières peuvent provenir d'impuretés. Certaines propriétés (précipitation de la solution aqueuse par le sulfate d'ammonium) pouvaient laisser penser que ces substances se trouvaient associées ou combinées à une protéine. Cependant, les réactions caractéristiques des protéines se sont montrées nettement négatives (Biuret, Sagakuchi, Millon) ou, dans certains cas, simplement douteuses (xantho-protéique, Adam Kiewickz).

Nous avons essayé de déterminer le point de fusion des cristaux obtenus, mais nous n'avons pas réussi à les faire fondre. A partir de 200°, ils commencent à brunir, deviennent de plus en plus foncés, diminuent de volume sans fondre; à 310°, ils sont presque noirs et racornis, mais ne

fondent pas. La substance amorphe des premières fractions se comporte de façon identique.

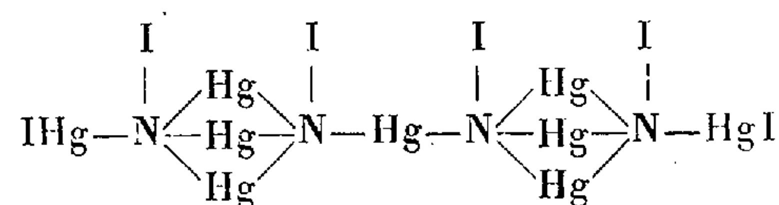
Le pouvoir antibiotique de ces substances n'est pratiquement pas altéré par passages à l'autoclave à 120° C pendant 20 m. Abandonnées à l'air et à la lumière, à la température du laboratoire, elles conservent toute leur activité pendant au moins six mois. Il en est de même des solutions aqueuses à 20 ou à 100 $\mu g/ml$. La présence de peptone dans le milieu test n'a pas d'action sur le pouvoir antibiotique de la substance, par contre, la présence de sérum inhibe partiellement l'action antimicrobienne.

CHIMIE BIOLOGIQUE. — *Dosage à froid de l'ammoniaque dans les milieux riches en urée.* Note de M. **Maurice Rangier** et M[lle] **Monique Krebs**, présentée par M. Gabriel Bertrand.

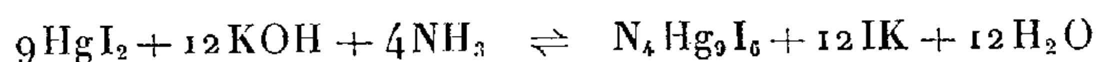
Le dosage de l'ammoniaque, dans les milieux riches en urée, est toujours difficile à réaliser. Les procédés par distillation, qui consistent à chauffer les liquides avec des alcalis, font apparaître de l'ammoniaque, provenant de l'hydrolyse de l'urée.

La présente méthode est basée sur la précipitation à froid de l'ammoniaque, sous forme de complexe iodo-mercurique, par un réactif de Nessler modifié, pour inhiber la réversibilité de la réaction.

Nessler avait attribué à ce précipité la formule $NHg_2I + H_2O$, mais sa composition correspond en réalité (comme l'a démontré François) à la formule $N_4Hg_9I_6$ (¹), c'est-à-dire un dérivé de l'ammonium, dont la constitution chimique serait la suivante :



La réaction de formation que l'on peut écrire



$$9HgI_2 + 12KOH + 4NH_3 \rightleftharpoons N_4Hg_9I_6 + 12IK + 12H_2O$$

est limitée et réversible (François); c'est ce qui explique que le réactif donne, avec des traces d'ammoniaque, une coloration jaune, au lieu de précipiter sous forme de complexe insoluble de couleur ocre.

Nous avons constaté que si l'on ajoute du chlorure de potassium en grand excès, par rapport à l'iodure de potassium, on inhibe la réversibilité de la

(¹) Thèse de Doctorat ès sciences, Paris, 1901, *Ann. de Chimie*, 11, 1929, p. 36.

réaction, par la loi d'action de masse et l'on obtient la précipitation intégrale de l'ammoniaque. Pour diminuer la quantité d'iodure de potassium, nous avons préparé un chloro-iodo-mercurate $HgI_2 2ClK$ (stable en milieu alcalin) pour remplacer l'iodo-mercurate, mais en même temps que l'ammoniaque, on précipite l'urée, sous forme d'un produit d'addition $HgI_2—CO\begin{smallmatrix}NH_2\\NH_2\end{smallmatrix}$ blanc, cristallin. Dans ces conditions, nous avons conservé l'iodure-mercurico-potassique et nous avons augmenté la quantité de chlorure de potassium et d'alcali, dont l'action hydrolysante à froid sur l'urée est nulle au cours du dosage.

Pour préparer le réactif, on verse, dans un tube de centrifugeur 1 cm³ de solution de chlorure mercurique à 4 %, 1 cm³ d'iodure de potassium à 11 % (soit un léger excès d'iodure); 10 cm³ d'une solution de chlorure de potassium à 10 % et 1 cm³ de lessive de potasse pure. On agite et l'on centrifuge pour éliminer l'ammoniaque du réactif.

Dosage. — Dans un tube de centrifugeur, on verse 1 cm³ du liquide à doser (contenant au maximum 1 mg de NH_3) et la totalité du réactif décanté. On agite, on laisse sédimenter, on centrifuge, puis on fait deux lavages avec de l'eau additionnée de 1 cm³ de lessive de potasse. Le culot de centrifugation est dissous dans 10 cm³ d'une solution d'iodure de potassium à 10 %, contenant une goutte d'acide chlorhydrique pur. Le procédé le plus simple pour doser le mercure, consiste à le précipiter sous forme de sulfure de mercure, que l'on pèse. A cet effet, on ajoute 0,5 cm³ de sulfure d'ammonium pur, pour analyse, on agite, on centrifuge, on lave et l'on pèse.

1 mg de HgS correspond à 0,0325 mg de NH_3.

Dans les milieux biologiques, un certain nombre de substances réduisent le réactif à l'état de mercure métallique. Dans l'urine, parmi les substances azotées, la créatinine a un pouvoir réducteur considérable par son groupement méthyle (qui donne d'abord du formol), mais sans formation d'ammoniaque. Quant aux acides aminés, ils ne précipitent et ne réduisent le réactif qu'en solution concentrée et au bout de plusieurs heures.

On se débarrasse donc, par une défécation préalable à la liqueur de Courtonne, des substances telles que l'acide urique et certains sels (phosphates, sulfates, etc.) qui pourraient précipiter sous forme de sels de mercure. Dans ces conditions, la méthode est applicable à l'urine. En voici le principe :

On défèque l'urine à la liqueur de Courtonne au 1/10. On élimine le plomb en excès par une solution de sulfate de soude cristallisé à 255 g ‰. Le dosage s'effectue, après filtration, sur 1,2 cm³ d'urine déféquée, correspondant à 1 cm³ d'urine initiale. On s'assurera, sur une prise d'essai, que le liquide de la première précipitation contient, après centrifugation, un excès de réactif. Le

culot de centrifugation contient le complexe ammoniaco-mercurique associé à du mercure réduit; il est dissous comme précédemment dans la solution d'iodure et le mercure métallique est éliminé par centrifugation.

IMMUNOLOGIE. — *Vaccination préventive du Cobaye contre la brucellose expérimentale* (Br. Melitensis) *par l'association de la souche* 19 *aux anacultures**. Note de M. **Gérard Renoux**, présentée par M. Jacques Tréfouël.

Les injections simultanées d'une suspension de la souche vivante de *Br. abortus* 19 et d'anaculture de *Br. melitensis* protègent les cobayes contre une infection d'épreuve sévère par *Br. melitensis*; cette méthode accroît la valeur de la vaccination par la souche 19 et doit en permettre l'application aux petits ruminants qui n'en étaient pas justiciables jusqu'ici.

Il nous a paru de quelque intérêt de vérifier si l'adjonction d'anacultures de *Brucella* (1) à la souche 19 de *Br. abortus*, souche bien connue, de virulence fixée, aux techniques de culture, de conservation et d'emploi bien réglées (2) permet d'en accroître le pouvoir immunisant contre l'infection du Cobaye par *Br. melitensis*.

La souche 19 nous a été fournie lyophilisée par A. W. Stableforth (Veterinary Laboratoy, Weybridge) : conservée au réfrigérateur, chaque ampoule a été selon les besoins diluée en eau salée au moment de l'emploi.

L'anaculture est obtenue par l'action du formol (concentration 4 °/₀₀) pendant une semaine à 37° sur la culture de 31 jours en bouillon ordinaire de la souche H. 105 de *Br. melitensis*.

Les vaccinations sont faites sur des cobayes neufs d'un poids moyen de 450 g répartis en huit séries. La souche 19 est inoculée dans la peau du flanc droit, l'anaculture en même temps dans la peau du flanc gauche aux quantités indiquées dans le tableau ci-joint.

Les cobayes vaccinés sont infectés, neuf semaines après la vaccination, par l'injection sous-cutanée de 10 000 *Br. melitensis* H. 105 suspendues dans 1 ml d'eau salée, en même temps que les témoins non vaccinés. Cette quantité de *Brucella* correspond à cinq doses minimum infectantes de la souche choisie.

Six semaines après l'infection, tous les cobayes vaccinés et contrôlés sont saignés pour une hémoculture, sacrifiés, autopsiés : les lésions macroscopiques sont notées et les viscères prélevés. Chaque prélèvement est broyé en entier s'il est de petite taille, un fragment d'environ 2 g s'il est suffisamment gros.

(1) L. Carrère et H. Quatrefages, *Rev. Immun.*, 15, 1951, p. 196.

(2) *Cf.* J. Traum, in *Brucellosis* (*Amer. Assn. Adv. of Science*, Washington, 1950, p. 225-235).

La totalité de ce broyage, fait aseptiquement, est ensemencée sur des tubes de Legroux d'*Albimi agar*. Ces cultures sont conservées une semaine à l'étuve à 37°, les hémocultures y restant un mois, avant d'être considérées comme négatives. Toute colonie suspecte est repiquée et identifiée.

Le tableau ci-joint résume cette expérience. Le but d'une vaccination préventive étant de protéger contre l'infection, nous ne tenons aucun compte des différences (intensité des lésions macroscopiques, nombre de colonies de *Brucella* dans les cultures) constatées selon qu'il s'agit de cobayes témoins de l'infection ou de cobayes vaccinés mais infectés : ne sont considérés comme correctement vaccinés que les animaux indemnes de toutes lésions macroscopiques et qui ont fourni des cultures négatives.

Séries.	Nombre de cobayes.	Infectés.	Protégés.	Rapport Protégés/Total
I. 5 milliards 19	9	8	1	1/9
II. 5 milliards 19 + 0,5 ml anacultures	11	2	9	9/11
III. 5 » 19 + 1 » »	15	1	14	14/15
IV. 10 » 19 + 0,5 » »	10	5	5	5/10
V. 10 » 19 + 1 » »	16	4	12	12/16
VI. 2,5 » 19 + 0,5 » »	17	5	12	12/17
VII. 2,5 » 19 + 1 » »	13	3	10	10/13
VIII. 1 » 19 + 1 » »	14	3	11	11/14
Contrôles	48	48	0	0/48

Dans les conditions de notre expérience, *Br. abortus* 19 seul est inactif; on sait (L. Carrère et H. Quatrefages, *loc. cit.*), que les anacultures seules ne protègent pas.

96 cobayes ont été vaccinés par l'association de la souche vivante *Br. abortus* 19 (1 à 10 milliards de bactéries selon la série) et d'anaculture (0,5 ou 1 ml) de *Br. melitensis* H. 105. 73 d'entre eux sont protégés (76 %) contre une infection expérimentale par *Br. melitensis*, équivalente à au moins 5 DMI, qui n'a épargné aucun des cobayes de contrôle.

Sous la réserve que le nombre d'animaux en expérience n'autorise pas de conclusions formelles, l'injection de 1 ml d'anacultures vaccine mieux, à nombre de *Brucella* 19 égal, que l'injection de 0,5 ml. Ceci résulte de la comparaison des séries II, III (5 milliards de souche 19), VI et VII (2,5 milliards de souche 19) :

7/28 cobayes qui ont reçu 0,5 ml d'anaculture sont infectés (75 % protégés), 4/28 cobayes vaccinés par 1 ml d'anaculture sont infectés, soit 85,7 % protégés.

L'immunité la meilleure semble être apportée par 5 *milliards de* Br. abortus 19 *associées à* 1 ml *d'anaculture :* 93 % (14/15) *des cobayes sont indemnes.*

Cette expérience préliminaire autorise donc l'espoir de voir renforcer et

augmenter, par l'emploi simultané d'anacultures, l'immunité donnée au gros bétail par la souche 19.

Ces anacultures (G. Ramon) sont faciles à préparer, elles peuvent être faites à partir de souches locales : on pourrait ainsi prétendre protéger un plus grand nombre de bovins, peut-être aussi étendre les bénéfices de cette immunisation préventive aux caprins, aux ovins ou aux suidés.

MÉDECINE EXPÉRIMENTALE. — *Les mutants au cours des rickettsioses expérimentales : évolution vers des caractères murins de souches sélectionnées de* Rickettsia conori. Note de MM. **Paul Giroud, Jean-A. Gaillard** et **Francis Roger**, présentée par M. Jacques Tréfouël.

Expérimentalement, une souche de *Rickettsia conori*, par passages sur poumon de souris ou sur membrane vitelline de l'œuf de poule, peut se transformer morphologiquement. Suivant le type de passage elle cultive ou non dans le noyau et simule une rickettsie murine; au point de vue antigénique, elle acquiert certains caractères des souches de *Rickettsia mooseri*.

Les caractères des rickettsies font qu'on les considère comme des organismes intermédiaires entre les virus dont elles ont pour une part le parasitisme obligatoire et les bactéries dont elles ont la constitution morphologique et physique.

Les rickettsies sont figurées le plus souvent par des éléments bacilliformes que l'on considère comme stables. Cependant, on connaît des modifications de souches qui entraînent une baisse de virulence et l'on a pensé longtemps que l'on pouvait passer d'une rickettsie de type épidémique à un type murin mais sans jamais apporter la preuve de cette « mutation ».

Avec diverses souches de *Rickettsia conori*, nous avons pu faire certaines constatations qui montrent la plasticité des rickettsies du groupe boutonneux.

Souches utilisées. — Nous avons employé deux souches isolées par nous de *Rhipicephalus sanguineus* prélevés par L. Balozet dans un chenil de Tunis; une souche venant du Chien, isolée à Brazzaville (A. E. F.) par Pellissier et Trinquier et une souche isolée de *Rhipicephalus sanguineus* à Tunis par Paul Durand et qu'il nous a transmise sur Mérion.

Toutes ces souches avaient les caractères pathogènes classiques des rickettsies de la fièvre boutonneuse, la souche d'A. E. F. était, cependant, plus virulente en particulier pour le Lapin. Chez le Cobaye, elles provoquaient toutes une maladie hyperthermique transitoire avec réaction scrotale d'un jour ou deux; sur les frottis de vaginale, on voyait très nettement à l'intérieur des noyaux des rickettsies trapues, colorées intensément avec la technique de Macchiavello, caractères importants des rickettsies de ce groupe.

Passages pulmonaires. Formes pseudo-murines. — Nous avons adapté ces souches à la culture pulmonaire sur Souris. Nous avons alors constaté un changement dans la morphologie : les rickettsies deviennent fines, plus difficiles à colorer, ne cultivent plus dans les noyaux et ressemblent à des rickettsies de typhus murin. A côté de cette transformation morphologique possible de *Rickettsia conori*, nous avons pu constater un certain nombre de faits qui permettent de conclure à la possibilité d'une transformation antigénique d'un élément du groupe boutonneux.

Pendant longtemps, la fièvre boutonneuse a été confondue avec les fièvres exanthématiques typiques et plus particulièrement avec le typhus murin. Cette confusion était due au fait que l'on ne connaissait pas alors ni l'agent spécifique, ni les tests sérologiques adéquats. Seule, la réaction de Weil-Felix qui n'est qu'une paraagglutination, était utilisée.

Constatations sérologiques. — En étudiant sérologiquement les sérums de fièvre boutonneuse vis-à-vis des antigènes épidémiques et murins, nous avons pu voir que :

— les sérums de fièvres boutonneuses contractées en France : Marseille, Cazeaux, Paris (Bois de Boulogne), Beauvais, etc. agglutinaient la souche épidémique (1).

— les sérums de fièvres boutonneuses en provenance d'Afrique (A. E. F. ou Congo belge) agglutinaient la souche murine (2).

Expérimentalement, ces souches inoculées au Lapin provoquent chez celui-ci l'apparition d'anticorps aussi bien pour la souche boutonneuse homologue que pour la souche murine, beaucoup plus élevés cependant, pour la souche homologue. Devant ces faits nous avons même utilisé des suspensions ayant comme origine une souche indiscutable de *Rickettsia conori* pour le diagnostic des affections murines.

Passages par membranes vitellines de l'œuf. — Par contre, la même souche mais de filiation différente, passée du Cobaye à l'œuf, se comporte tout autrement. Les suspensions de *Rickettsia conori* ne sont plus agglutinées par les sérums murins mais seulement et électivement par les sérums boutonneux. D'autre part, les rickettsies ont la même morphologie que normalement et cultivent dans le noyau.

La séance est levée à 15 h 30 m.

R. C.

---

(1) P. Giroud et P. Le Gac, *C. R. Soc. Biol.*, **142**, 1948, p. 436.
(2) P. Giroud et R. Vargues, *Bull. Soc. Path. Exot.*, **43**, 1950, p. 19.

ERRATA.

(*Comptes rendus* du 6 octobre 1952.)

M. *Émile Borel* rend compte de l'Assemblée générale du *Conseil international des Unions scientifiques...* :

Page 673, 7e et 8e lignes, *au lieu de* Comité exécutif, *lire* Bureau.

» » 10e ligne, *au lieu de* le Comité, *lire* le Bureau.

BULLETIN BIBLIOGRAPHIQUE.

OUVRAGES REÇUS PENDANT LES SÉANCES DE SEPTEMBRE 1952

(*suite et fin*).

Production of an antifungal agent of the fungicidin type by Streptomyces aureus, par FREDERICK RAUBITSCHEK, ROBERT F. ACKER et SELMAN A. WAKSMAN. Extrait de *Antibiotics and Chemotherapy*. Vol. II, nº 4, April 1952 ; 1 fasc. 25 cm.

Antibiotic-producing properties of Streptomyces 3560, *a member of the S. Flavus group*, par MUTSUYUCKI KOCHI, WILLIAM L. RUIGH, ROBERT F. ACKER, HUBERT A. LECHEVALIER et SELMAN A. WAKSMAN. Extrait de *The Proceedings of the National Academy of Sciences*. Vo.l XXXVIII, nº 5, p. 383-391, May 1952 ; 1 fasc. 25,5 cm.

Conseil international des Unions scientifiques. Commission mixte de l'Ionosphère. *Compte rendu de la deuxième réunion tenue à Bruxelles du* 4 *au* 6 *septembre* 1950. Bruxelles, Secrétariat général de l'U. R. S. I, 1951 ; 1 vol. 24,5 cm.

Union radioscientifique internationale. Rapport spécial nº 1. *Bruits radioélectriques solaires et galactiques*. Bruxelles, Secrétariat général de l'U. R. S. I., 1950 ; 1 vol. 24,5 cm.

Acta chirurgica scandinavica. Supplementum 165. *Defecation Block in cases of deep rectogenital pouch. A surgical, roentgenological and embryological study with special reference to morphological conditions*, par LENNART WALLDÉN (*Thèse*, Faculté de médecine d'Uppsala), Stockholm, 1952 ; 1 vol. 24 cm.

Enzymatic Breakdown of Polymetaphosphate, par H. MALMGREN. Extrait de *Särtryk ur Svensk Kemisk Tidskrift*, 64, p. 27, 1952 (*Thèse*, Faculté de philosophie d'Uppsala) ; 1 fasc. 23 cm.

Alliance française. Assemblée générale 29 mai 1952. *Rapport du Secrétaire général sur la situation d'ensemble*. Année 1951-1952 ; 1 fasc. 24 cm.

Cours de la Faculté des sciences de Paris. *Cours de mécanique rationnelle*, par JEAN CHAZY. T. I. *Dynamique du point matériel*. 4ᵉ édition revue et augmentée. Paris, Gauthier-Villars, 1952 ; 1 vol. 25 cm.

Charbons activés (*Adsorption des gaz et des vapeurs*), par CLÉMENT COURTY. Préface de M. JACQUES DUCLAUX, Paris, Gauthier-Villars, 1952 ; 1 vol. 25 cm.

État actuel et valeur de la théorie hydro-thermodynamique des explosions et des chocs, par SERGE TRAVERS. Première partie : *Les ondes de choc pur. La compressibilité par choc sans combustion*. Deuxième partie : *L'épaisseur des ondes de choc et le méca-*

nisme de l'inflammation dans les ondes de combustion (Thèse principale présentée à la Sorbonne), in *Mémorial de l'Artillerie française*. T. XXIV, 1950. Paris, Eyrolles, 2 vol. 25 cm.

Les filtres électriques. Séries de monographies publiées sous la direction de PIERRE DAVID. *Les filtres électriques. Généralités*, par PIERRE DAVID. 3e édition entièrement refondue. Paris, Gauthier-Villars, 1952; 1 vol. 29,5 cm.

Compteurs et appareils électriques et électroniques de mesure, de fabrication française. Paris, Chambre syndicale des constructeurs de compteurs, transformateurs de mesure et appareils électriques et électroniques de mesure et de contrôle, 1951; 1 vol. 27,5 cm.

The essays of Jean Rey. A facsimile reprint of the original edition of 1630 with an Introduction by DOUGLAS MC KIE. London, Edward Arnold, 1951; 1 vol. 19 cm.

International Council of scientific Unions. *Report of the executive committee* 1951, edited by F. J. M. STRATTON. Cambridge, University Press, 1952; 1 vol. 24,5 cm.

The University of Glasgow. *The book of the fifth centenary*. Glasgow. University Press. June 1952; 1 vol. 22 cm.

Durchmusterung of selected areas of the special plan, par P. J. VAN RHIJN. Volume I containing the areas 1 to 29. Volume II containing the areas 30 to 46. Groningen, Kapteyn astronomical Laboratory, s. d.; 2 vol. 29,5 cm.

National physical Laboratory. *Recent Developments and Techniques in the maintenance of Standards*. Proceedings of a Symposium held at the National Physical Laboratory on 21st and 22nd May 1951. London, Her Majesty's Stationery office, 1952; 1 vol. 24,5 cm.

ACADÉMIE DES SCIENCES.

SÉANCE DU LUNDI 3 NOVEMBRE 1952.

PRÉSIDENCE DE M. ALBERT CAQUOT.

MÉMOIRES ET COMMUNICATIONS

DES MEMBRES ET DES CORRESPONDANTS DE L'ACADÉMIE.

BIOLOGIE VÉGÉTALE. — *Les mesures à prendre pour réagir contre la décadence de la culture du Poivrier en Indochine (au Cambodge et dans la Cochinchine austro-occidentale).* Note de M. **Auguste Chevalier**.

M. Hubert Barat, Maître de Recherches des Laboratoires des Services de l'Agriculture Outre-Mer, m'a demandé de présenter à l'Académie des Sciences un Mémoire : Étude sur le dépérissement des Poivrières en Indochine (1), publié récemment dans *Archives des Recherches agronomiques au Cambodge, au Laos et au Viet-Nam*. Je le ferai d'autant plus volontiers que je me suis occupé autrefois de l'étude biologique de cette culture quand je voyageais en Extrême-Orient en 1913-1914 et en 1917-1919 (2).

A cette époque, le Poivrier (*Piper nigrum* L.) était une des cultures les plus intéressantes du Cambodge et des régions voisines. On exportait de l'Indochine en France de 3 500 à 5 000 t de poivre par an. Cela permettait de fournir à la métropole et à toutes nos colonies le poivre nécessaire. Déjà la production était en décadence, mais la situation n'était pas aussi alarmante qu'elle est aujourd'hui. Elle était encore de près de 4 000 t par an de 1931 à 1939.

La situation est aujourd'hui catastrophique. Une maladie de dépérissement sévit surtout à l'Ouest (région de Kampot). Elle est apparue d'abord sur des vieilles plantations négligées. Les plants mouraient comme s'ils avaient souffert d'un excès d'eau. Elle se répandit surtout lors du coup de force des Japonais en 1945. Les plants de remplacement mouraient

---

(1) Brochure in-4°, 92 pages. Travail exécuté par M. H. Barat avec la collaboration de Buu De, Tran van Ngo, Tong Viet Ban et l'aide de M. Nguyen Van Son et de Mmes Lu Thi Quoi et Nguyen Thi Mai.

(2) *Le Poivrier et sa culture en Indochine* in *Publications de l'Agence Économique de l'Indochine*, **12**, 1925, 31 pages et 3 planches.

généralement avant d'entrer en production (H. Barat). La mortalité fut d'abord signalée par l'agronome Roule. On songea d'abord à lutter en enrichissant le sol en potasse, en acide phosphorique et en azote; on lutta contre les changements d'acidité du sol. On traita les plantes par des anticryptogames, car on avait remarqué dans le sol ou sur les Poivriers des Champignons (des *Fusarium*, *Phytophtora*, *Nectria*, *Pythium*, *Botryodiplodia*, *Glomerella*). On traita le sol par de la bouillie bordelaise. On a lutté aussi contre l'excès d'eau par le drainage. La lutte contre les insectes piqueurs de la tige ou contre les cochenilles a été aussi tentée sans grands résultats.

On a observé aussi des plants atteints de chlorose en mosaïque qui peut être transmise à de jeunes plants. La présence d'un virus, dit M. Barat, est donc très probable. La pourriture envahit aussi les tiges. Parfois les feuilles sont déformées, les nœuds des boutures se racinent difficilement. On a observé aussi une maladie bactérienne. En certains endroits, la production est réduite de plus de 50 % et une grande partie des plantations sont très menacées.

La plupart des affections constatées sur les Poivriers en Indochine s'observent aussi en divers pays et spécialement en Indo-Malaisie, notamment à Sumatra. Les poivrières succombent dans tout l'Extrême-Orient et c'est ce qui explique les hauts prix qu'atteint aujourd'hui le poivre sur tous les marchés du monde.

Une station expérimentale a été créée à Kep en 1948, mais les résultats qu'on a obtenus dans la lutte contre les maladies de dépérissement sont encore bien faibles. Aussi M. H. Barat remarque dans ses conclusions que les pays d'Extrême-Orient ne sont malheureusement pas en état actuellement de résoudre rapidement les problèmes techniques que pose la reconstitution des poivrières. Le mal est si grave que l'on propose de développer cette culture concurremment dans d'autres territoires de l'Union française, sous des climats et sur des sols qui conviendraient.

Ayant étudié autrefois au Cambodge les conditions dans lesquelles se faisait alors la culture du Poivrier, je crois devoir apporter quelques observations qui permettraient d'apporter peut-être quelques améliorations à la situation présente.

Le *Piper nigrum* est une liane subligneuse, épiphyte, à racines adventives fixées aux nœuds, formant des sortes de ventouses et s'attachant aux arbres supports à la manière du Lierre. Il vit à l'état sauvage dans les grandes forêts vierges de l'Indo-Malaisie entre 15° Sud et 15° Nord. A la base, des longues racines s'enfoncent dans un sol ordinairement riche en humus et en débris végétaux; les racines aériennes sont fixées sur les écorces dont elles utilisent aussi l'humus qui s'y est accumulé, apporté par les pluies qui lavent la cime de l'arbre et aussi par les insectes et autres petits animaux arboricoles.

En culture les conditions de vie du Poivrier sont toutes différentes. C'est la culture la plus compliquée et la plus délicate que nous ayons observée au cours de nos voyages. Elle demande des soins intelligents et un travail incessant. C'étaient, à l'époque de mes prospections, des ouvriers chinois spécialisés, originaires d'Haïnan, ceux-ci étaient seuls aptes à ce travail minutieux. Pour entretenir une plantation il fallait quatre coolies par hectare et un caporal chinois pour les surveiller et les guider. Il faut planter sur un bon terrain, à sol profond et frais, argilo-siliceux, aussi riche que possible en humus et en potasse. Chaque année après la récolte, on apportait à chaque pied 6 à 8 paniers d'un mélange en parties égales de terre vierge, prise dans des carrières, et de terreau riche en potasse, souvent mélangé de cendres d'arbres. Enfin, on employait aussi un engrais spécial qu'on trouvait sur la côte. C'étaient des carapaces de crevettes réduites en poudre. Cette poudre était répandue à raison de 150 g par pied, à trois ans; on la portait à 500 ou 600 g par pied et par an quand les lianes étaient en rapport. On apportait aussi parfois de la terre vierge prise dans la grande forêt en la prenant à la surface ou en creusant des trous dans des sols jamais cultivés. Une poivrière bien entretenue pouvait durer 80 ans. Aujourd'hui les poivrières âgées de 20 ans sont déjà épuisées. Constatant le renouvellement des fumures spéciales et l'apport de terres nouvelles vierges, on se demande si le Poivrier n'aurait pas besoin d'oligo-éléments variés, souvent inexistants dans les sols épuisés et qu'il faut aller chercher dans les terres vierges ou dans les cendres de bois ou de carapaces de crevettes.

Notre confrère, M. Gabriel Bertrand, qui a montré naguère que des betteraves malades pouvaient être rétablies par l'apport d'un oligo-élément, le bore pourrait sans doute nous renseigner sur l'apport probablement utile de certains oligo-éléments qui conviendraient pour rétablir un bon milieu favorable pour la culture des Poivriers.

CALCUL NUMÉRIQUE. — *Sur une interprétation de la méthode des différences finies qui peut fournir des bornes supérieures ou inférieures.* Note (*) de M. **Georges Polya**.

Méthode simple pour passer d'une équation différentielle à une équation aux différences finies correspondante, de manière qu'une quantité importante définie par la première équation ait une relation d'inégalité claire avec la valeur approchée fournie par la seconde.

1. La remarque générale qui fait l'objet de cette Note sera mieux comprise si nous l'appliquons à un cas relativement concret. Pour le calcul théorique de

(*) Séance du 13 octobre 1952.

la rigidité en torsion P d'une barre élastique dont la section droite est un domaine plan donné D (simplement connexe) il faut chercher une fonction u qui s'annule sur la frontière de D et qui satisfasse à l'équation

$$u_{xx} + u_{yy} + 2 = 0, \tag{1}$$

à l'intérieur de D. Alors

$$2\iint_{D} u\,dx\,dy = P. \tag{2}$$

Pour le calcul pratique on divise le plan en carrés égaux de côté h par des droites parallèles aux axes de coordonnées. On remplace D par un domaine D* qui est un assemblage d'un nombre fini de carrés, la fonction $u(x, y)$ par un nombre fini de valeurs u_{ij} et l'équation différentielle (1) par l'équation aux différences finies

$$\frac{u_{i+1,j} + u_{i,j+1} + u_{i-1,j} + u_{i,j-1} - 4u_{ij}}{h^2} + 2 = 0, \tag{1*}$$

valable aux points (ih, jh) intérieurs à D*; si (ih, jh) est sur la frontière de D* on met $u_{ij} = 0$. On détermine ainsi les u_{ij} et l'on regarde

$$2h^2 \sum_{D^*} u_{ij} \tag{2*}$$

comme une « valeur approchée » de P. Mais ce procédé usuel ne nous fait voir aucune relation claire et simple entre (2*) et P ou P*, la rigidité en torsion de D*.

2. Pour obtenir une telle relation rappelons que

$$P^* \geq \frac{4\left(\iint_{D^*} f\,dx\,dy\right)^2}{\iint_{D^*} (f_x^2 + f_y^2)\,dx\,dy}, \tag{3}$$

où f est une fonction continue (arbitraire) qui s'annule sur la frontière de D* et possède des dérivées f_x et f_y continues et bornées en D* sauf peut-être sur certaines courbes simples. Pour obtenir une fonction f utile, mettons $f(ih, jh) = u_{ij}$ en posant $u_{ij} = 0$ sur la frontière de D* et laissant u_{ij} indéterminé à l'intérieur de D*. Divisons chaque carré appartenant à D* par la diagonale de pente 1 en deux triangles. La valeur de f est prescrite aux trois sommets de chaque triangle : faisons *f coïncider dans le triangle avec la fonction linéaire déterminée par les valeurs aux sommets.* Cette fonction f, représentée par une surface polyédrique aux facettes triangulaires, est continue et admissible dans l'inégalité (3) dont le second membre devient ainsi une fonction des u_{ij} : cherchons-en le *maximum.* Ce maximum est atteint si les u_{ij} satisfont à (1*) et sa valeur est donnée par (2*) qui fournit ainsi *une borne inférieure de* P*. Si D contient D*, $P \geq P^*$ et (2*) donne *a fortiori* une borne inférieure pour P.

3. Mais c'est un peu par hasard que le procédé usuel donne une valeur approchée qui soit en relation si claire et simple avec la valeur cherchée. En cherchant les valeurs caractéristiques $\lambda_1, \lambda_2, \ldots$ d'une membrane vibrante dont D est la position d'équilibre nous sommes amenés par la méthode du n° 2 à remplacer l'équation différentielle

$$u_{xx} + u_{yy} = -\lambda u \tag{4}$$

par l'équation aux différences finies

$$\frac{u_{i+1,j} + u_{i,j+1} + u_{i-1,j} + u_{i,j-1} - 4u_{ij}}{h^2} = -\lambda \frac{6u_{ij} + u_{i+1,j} + u_{i+1,j+1} + u_{i,j+1} + u_{i-1,j} + u_{i-1,j-1} + u_{i,j-1}}{12}, \tag{4*}$$

tandis que le procédé usuel choisit $-\lambda u_{ij}$ comme second membre. Mais (4^*) a une propriété que l'approximation usuelle n'a sûrement pas : si le nombre des points (ih, jh) intérieurs à D^* est n, (4^*) fournit n valeurs $\lambda'_1, \lambda'_2, \ldots, \lambda'_n$ telles que

$$\lambda^*_1 \leqq \lambda'_1, \qquad \lambda^*_2 \leqq \lambda'_2, \qquad \ldots, \qquad \lambda^*_n \leqq \lambda'_n; \tag{5}$$

où $\lambda^*_1, \lambda^*_2, \ldots$ sont les valeurs caractéristiques de la membrane vibrante dont la position d'équilibre est D^*. On sait que $\lambda_1 \leqq \lambda^*_1, \lambda_2 \leqq \lambda^*_2, \ldots$ si D contient D^*. (Les trois systèmes λ_k, λ^*_k, λ'_k sont supposés numérotés en ordre croissant.) Évidemment, il y a encore bien d'autres problèmes intéressant les ingénieurs ou les physiciens auxquels la méthode esquissée peut être appliquée sans difficulté. Je me réserve d'exposer ailleurs quelques applications et certaines modifications de la méthode.

BIOGÉOGRAPHIE. — *La répartition du complexe trichoniscoïde (Isopodes terrestres) et les théories géologiques.* Note de M. **Albert Vandel.**

La disposition actuelle des terres et des mers ne permet pas de rendre compte, ainsi qu'il a été dit dans une Note précédente [1], de la répartition des Isopodes terrestres appartenant au complexe trichoniscoïde. Il convient d'invoquer, pour l'expliquer, une distribution tout autre des éléments de la croûte terrestre. Les géniales conceptions de E. Suess, complétées par les théories de A. Wegener et de A. L. du Toit fournissent une solution simple et cohérente des répartitions observées.

Les thèses essentielles de A. L. du Toit [2], ou du moins celles auxquelles nous aurons recours, peuvent être résumées dans les quatre propositions suivantes :

---

(1) *Comptes rendus*, **234**, 1952, p. 1332.
(2) *Our Wandering Continents*, Edinburgh and London, 1937.

1° Du Carbonifère à la fin du secondaire, les terres émergées sont rassemblées en deux vastes masses continentales : l'une septentrionale, la *Laurasie*, l'autre australe, le *Gondwana*. Une mer équatoriale les sépare, la *Téthys* qui, à ses deux extrémités, rejoint le Pacifique, l'Océan unique et primitif. La Laurasie elle-même est scindée en deux blocs continentaux, la *Laurentie* et l'*Asie*, par le géosynclinal de l'Oural qui a persisté de façon à peu près permanente du Carbonifère au Crétacé.

2° Au cours de l'époque secondaire, les masses continentales se fragmentent sous l'effet de longues cassures orientées du Nord au Sud, d'abord étroites, puis s'élargissant jusqu'à donner naissance aux grands océans actuels (arctique, atlantique et indien). Ainsi est née la géomorphologie actuelle, caractérisée par des alignements Nord-Sud, donc perpendiculaires aux dispositions structurales primitives. La dislocation du Gondwana s'est étendue sur de longues périodes géologiques. Le dernier fragment, le continent africano-brésilien, a subsisté jusqu'à la fin du secondaire; cependant, les mers crétaciques l'ont partiellement envahi et l'ont divisé en une province tropicale (Afrique occidentale et bouclier guyano-brésilien) et une province australe (Afrique du Sud et Patagonie).

3° Le Gondwana représente une masse stable dont l'histoire est relativement simple. Par contre, la Laurasie a connu d'innombrables vicissitudes que l'on retrouve inscrites dans sa morphologie si complexe.

4° Au cours des périodes géologiques, les masses continentales se sont déplacées par rapport aux pôles. Au Carbonifère, le pôle Sud occupe la région centrale du Gondwana et engendre sur ce continent un climat froid et pluvieux, générateur de lacs, de marais et de forêts humides.

Un étroit parallélisme ressort de la comparaison de ces conclusions purement géologiques et des données biogéographiques exposées dans une Note précédente (1).

1° La division du complexe trichoniscoïde en une série styloniscienne, propre à l'hémisphère austral, et une série trichoniscienne cantonnée dans l'hémisphère septentrional, correspond exactement à la répartition des terres à la fin du paléozoïque. L'existence quasi permanente du géosynclinal ouralien rend compte de l'absence complète de tout représentant du complexe trichoniscoïde en Asie (à l'exception de l'Asie Mineure).

2° L'existence du Gondwana explique de la façon la plus satisfaisante la distribution du genre *Styloniscus* dont l'aire de répartition couvre la totalité des terres australes, en dépit des immenses étendues océanes qui les séparent. L'installation, au Crétacé, de deux provinces, tropicale et australe, sur le continent africano-brésilien, rend compte de la genèse des genres *Styloniscus* (austral) et *Clavigeroniscus* (tropical). L'éclatement tardif du continent africano-brésilien est la raison pour laquelle certaines espèces se retrouvent *identiques*, des deux côtés de l'Atlantique : tel,

Clavigeroniscus riquieri découvert en Amérique centrale et retrouvé en Côte d'Ivoire. Tel est aussi le cas d'un autre Isopode qui, à vrai dire, ne fait point partie du complexe trichoniscoïde : *Rhyscotoïdes parallelus* qui peuple le Vénézuéla et l'Angola.

3° A la stabilité géologique du Gondwana fait pendant la faible variabilité de la série styloniscienne, en particulier celle du genre *Styloniscus* dont les espèces dispersées sur tout le pourtour de l'hémisphère austral, sont extrêmement voisines les unes des autres. Les variations très étendues de la série trichoniscienne s'accordent à l'instabilité de la Laurentie. Ainsi, l'évolution du vivant, phénomène historique, apparaît étroitement liée aux vicissitudes de son milieu et aux époques au cours desquelles elle s'est déroulée.

4° Le genre *Styloniscus* est né en un temps où le continent de Gondwana était homogène, c'est-à-dire vers la fin de l'époque primaire. Le Gondwana était alors soumis à un climat froid et humide déterminé par la position du pôle Sud situé en son centre. Passé le temps de leur genèse, les lignées phylétiques s'installent dans une relative stabilité, tant morphologique qu'écologique. Les représentants du genre *Styloniscus*, nés dans l'austère climat du Gondwana carbonifère sont aujourd'hui encore pour la plupart cantonnés dans les régions les plus froides et les plus humides de l'hémisphère austral (Patagonie, Nouvelle-Zélande, Tasmanie, îles Auckland, Campbell et Crozet). L'Afrique du Sud dont le climat méditerranéen est une conséquence du déplacement de ce continent vers le Nord a vu sa population styloniscienne émigrer vers les montagnes dans lesquelles on la trouve présentement réfugiée.

Conclusions. — Ainsi, lorsque la biogéographie s'appuie sur l'étude de groupes *terrestres*, reconnaissant une *origine ancienne* et possédant de *très faibles moyens de dispersion* (tels que les Planaires terricoles, les Oligochètes, les Onychophores, les Isopodes terrestres, les Coléoptères endogés, les Gastéropodes pulmonés, etc.), ses conclusions s'accordent de façon très exacte aux données géologiques et paléogéographiques. Il en va tout autrement lorsque le zoologiste s'adresse à des groupes d'origine récente et munis de puissants moyens de dispersion (tels que les Lépidoptères, les Oiseaux et les Mammifères).

M. Auguste Chevalier fait hommage à l'Académie d'un Mémoire intitulé : *Le Poivrier et sa culture en Indochine*, paru en 1925 dans le tome XII des *Publications de l'Agence économique du Gouvernement général de l'Indochine*.

L'Ouvrage suivant est présenté par M. **Auguste Chevalier** : *Étude sur le dépérissement des poivrières en Indochine*, par Hubert Barat, in *Archives des Recherches agronomiques au Cambodge, au Laos et au Viet-Nam*, n° 13.

CORRESPONDANCE.

La « **Library of Congress** », de Washington, adresse à l'Académie une collection d'Ouvrages scientifiques.

LOGIQUE MATHÉMATIQUE. — *Le degré de saturation du calcul propositionnel implicatif à trois valeurs de Sobociński.* Note (*) de M. **Alan Rose**, présentée par M. Louis de Broglie.

Sobociński a posé ([1]) le problème suivant : un calcul propositionnel trivalent ayant deux valeurs désignées et, comme seul foncteur primitif, une certaine fonction d'implication, peut-il être formalisé, et s'il en est ainsi, quel sera le degré de saturation de la formalisation ? Si les valeurs sont 1, 2, 3, les valeurs désignées étant 1 et 2, alors la valeur de $X \rightarrow Y$ se détermine ainsi qu'il suit. Si X prend la valeur 3 ou que Y prenne la valeur 1, alors $X \rightarrow Y$ prend la valeur 1; si X et Y prennent toutes deux la valeur 2, alors $X \rightarrow Y$ prend la valeur 2, autrement $X \rightarrow Y$ prend la valeur 3. L'objet de cette Note est de démontrer le théorème suivant :

Pour le calcul propositionnel implicatif de Sobociński, toute formalisation, saturée au sens faible, et n'ayant, comme règles de déduction, que la substitution et le modus ponens, a le degré de saturation 3.

Supposons que nous ajoutions aux axiomes de la formalisation la formule $\Phi(X_1, \ldots, X_n)$, qui est une thèse du calcul propositionnel bivalent, mais qui n'est pas une thèse du système dont il s'agit. Soit $\Psi(Y_1, \ldots, Y_m)$ n'importe quelle autre formule du même genre et désignons par E l'ensemble $\{1, 3\}$. Soient $y_1, \ldots, y_m$ les valeurs de $Y_1, \ldots, Y_m$ respectivement.

Lemme 1. — *Si* Ψ *prend la valeur* 3, *alors il existe* i, j $(1 \leqq i \leqq m,\ 1 \leqq j \leqq m)$ *tels que* $y_i \varepsilon E$ *et que* $y_j = 2$.

Si $y_1, \ldots, y_m \varepsilon E$, alors la valeur de Ψ appartient à E. Mais si, dans le tableau pour l'implication, nous substituons T, F à 1, 3 respectivement tout en omettant la valeur 2, nous obtiendrons le tableau pour le foncteur d'implication du calcul propositionnel bivalent. Donc, puisque Ψ est une thèse du calcul propositionnel bivalent, sa valeur ne peut pas être 3 lorsque $y_1, \ldots, y_m \varepsilon E$. Si $y_1 = \ldots = y_m = 2$, il s'ensuit, en vertu du tableau pour l'implication, que Ψ prend la valeur 2. Ainsi s'établit notre lemme.

(*) Séance du 27 octobre 1952.

([1]) *J. Computing Systems*, 1, 1952, p. 53.

Lemme 2. — *Si, en vertu d'un choix déterminé de valeurs pour* $Y_1, \ldots, Y_m$, Ψ *prend la valeur* 3, *alors il existe une fonction propositionnelle* Λ *telle que la formule* $\Lambda(Y_i, Y_j)$, *où i et j s'appliquent au lemme* 1, *devient démontrable et prend, en vertu de ce choix, la valeur* 3.

Supposons que lorsque $X_1, \ldots, X_n$ prennent les valeurs $x_1, \ldots, x_n$ respectivement, Φ prenne la valeur 3. Nous appliquons à Φ la règle de substitution ainsi qu'il suit. Lorsque $x_k = 1$ ($1 \leqq k \leqq n$) nous substituons $Y_i \rightarrow Y_i$ à X_k, lorsque $x_k = 2$ nous substituons Y_j à X_k, et lorsque $x_k = 3$ nous substituons $(Y_i \rightarrow Y_i) \rightarrow Y_j$ à X_k. Désignons la formule qui en résulte par $\Lambda(Y_i, Y_j)$. Donc Λ est la formule requise.

Soit w le nombre total des choix de valeurs pour $Y_1, \ldots, Y_m$ pour lesquels Ψ prend la valeur 3. Soient $i_1, j_1, \ldots, i_w, j_w$ les valeurs correspondantes de i, j, et soient $\Lambda_1, \ldots, \Lambda_w$ les fonctions Λ correspondantes.

Lemme 3. — *Si* Ψ *prend la valeur* 2, *alors* $y_1 = \ldots = y_m = 2$.

Nous établirons ce lemme en appliquant le principe de l'induction forte au nombre r des variables d'énoncé (non pas nécessairement distinctes) qui se recontrent dans Ψ. Si $r = 1$, notre lemme s'établit aussitôt. Maintenant nous tenons le lemme comme établi pour $1, \ldots, r$ et nous l'établissons pour $r+1$. Alors Ψ aura la forme $\Xi(Y_1, \ldots, Y_m) \rightarrow \zeta(Y_1, \ldots, Y_m)$ où ni Ξ ni ζ ne contiennent plus de r variables d'énoncé. Puisque Ψ prend la valeur 2, il résulte, en vertu du tableau pour l'implication, que Ξ et ζ prennent la valeur 2. Il résulte maintenant de notre hypothèse d'induction que toute variable d'énoncé qui se rencontre essentiellement dans Ξ prend la valeur 2 et que toute variable d'énoncé qui se rencontre essentiellement dans ζ prend, elle aussi, la valeur 2. Mais chacune des variables $Y_1, \ldots, Y_m$ se rencontre essentiellement dans une, au moins, des formules Ξ, ζ. Ceci achève la démonstration de notre lemme.

Lemme 4. — *La formule*

$$(A) \qquad \Lambda_1(Y_{i_1}, Y_{j_1}) \rightarrow (\ldots \rightarrow (\Lambda_w(Y_{i_w}, Y_{j_w}) \rightarrow \Psi(Y_1, \ldots, Y_m))\ldots)$$

prend toujours une valeur désignée.

Si Ψ prend la valeur 3, alors, en vertu du lemme 2, il existe z ($1 \leqq z \leqq w$) tel que $\Lambda_z(Y_{i_z}, Y_{j_z})$ prend la valeur 3. Donc (A) prend la valeur 1. Si Ψ prend la valeur 2, alors, en vertu du lemme 3, $y_1 = \ldots = y_m = 2$. Il résulte maintenant, en vertu du tableau pour l'implication, que (A) prend la valeur 2. Si Ψ prend la valeur 1, il résulte aussitôt, du tableau pour l'implication, que (A) prend la valeur 1. Ainsi s'établit notre lemme.

Démonstration du théorème principal. — Puisque notre formalisation est saturée au sens faible, il s'ensuit que (A) est démontrable. Mais il résulte du lemme 2 que les formules $\Lambda_1, \ldots, \Lambda_w$ deviennent démontrables lorsqu'on ajoute Φ aux axiomes. En appliquant, w fois, le modus ponens à $\Lambda_1, \ldots, \Lambda_w$ et à (A) nous déduisons Ψ. Donc, en ajoutant Φ aux axiomes nous pouvons

déduire n'importe quelle thèse du calcul propositionnel implicatif bivalent. Mais il a été démontré ([2]) que toute formalisation, saturée au sens faible, de ce dernier système, est saturée au sens fort aussi. Ceci achève donc la démonstration.

ANALYSE MATHÉMATIQUE. — *Application de la relation qui donne l'original d'un déterminant à la résolution d'un type d'équations intégrales.* Note de M. **Maurice Parodi**, présentée par M. Henri Villat.

Considérons le polynome en x

$$f(x) = x^n + a_1 x^{n-1} + \ldots + a_{n-1}x + a_n;$$

sa transformée de Carson s'écrit

$$\varphi(p) = \frac{n!}{p^n} + \frac{a_1(n-1)!}{p^{n-1}} + \ldots + \frac{a_{n-1}}{p} + a_n = n!\left[\frac{1}{p^n} + \frac{a_1}{n}\frac{1}{p^{n-1}} + \ldots + \frac{a_{n-1}}{n!}\frac{1}{p} + \frac{a_n}{n!}\right]$$

et en considérant $\varphi(p)$ comme un polynome en $1/p$, on peut écrire

$$\varphi(p) = (-1)^n n! \begin{vmatrix} -\frac{1}{p} & 1 & 0 & \ldots & 0 & 0 \\ 0 & -\frac{1}{p} & 1 & \ldots & 0 & 0 \\ . & \ldots\ldots & . & \ldots & . & . \\ -\frac{a_n}{n!} & -\frac{a_{n-1}}{(n-1)!} & . & \ldots & -\frac{a_2}{n} & -\frac{a_1}{n} - \frac{1}{p} \end{vmatrix}.$$

Or, un résultat ([1]), dû à M. P. Humbert, permet de construire l'original d'un déterminant; dans le cas présent il vient

$$\varphi(p) \subset (-1)^n n! \frac{d^{n-1}}{dx^{n-1}} \int_0^x d\lambda_{n-1} \int_0^{\lambda_{n-1}} d\lambda_{n-2} \ldots \int_0^{\lambda_2} d\lambda_1$$
$$\times \begin{vmatrix} -\lambda_1 & 1 & \ldots & 0 & 0 \\ 0 & -(\lambda_2 - \lambda_1) & \ldots & 0 & 0 \\ \ldots\ldots & \ldots\ldots\ldots\ldots & \ldots & \ldots & \ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots \\ -\frac{a_n}{n!} & -\frac{a_{n-1}}{n!} & \ldots & \frac{a_2}{n} & -\frac{a_1}{n} - (x - \lambda_{n-1}) \end{vmatrix}.$$

Il en résulte qu'en représentant par $\Phi(\lambda_1, \lambda_2, \ldots, \lambda_{n-1}, x)$ le déterminant qui figure dans la correspondance précédente, on a

$$f(x) = (-1)^n n! \frac{d^{n-1}}{dx^{n-1}} \int_0^x d\lambda_{n-1} \int_0^{\lambda_{n-1}} d\lambda_{n-2} \ldots \int_0^{\lambda_2} d\lambda_1 \, \Phi(\lambda_1, \lambda_2, \ldots, \lambda_{n-1}, x)$$

([2]) *C. R. Soc. Sci. Lett. Varsovie*, **23**, 1930, p. 42 et *J. Symbol. Log.*, **16**, 1951, p. 204.

([1]) *Supplément au Formulaire pour le Calcul Symbolique* (*Mémorial des Sciences mathématiques*, Fasc. CXIII, 1950, Gauthier-Villars, Paris).

Si donc, on considère la relation précédente comme une équation intégrale d'inconnue $\Phi(\lambda_1, \lambda_2, \ldots, \lambda_{n-1}, x)$, une solution de cette équation s'écrira

$$\Phi(\lambda_1, \lambda_2, \ldots, \lambda_{n-1}, x) = \begin{vmatrix} -\lambda_1 & 1 & \ldots & 0 & 0 \\ 0 & -(\lambda_2 - \lambda_1) & \ldots & 0 & 0 \\ \ldots & \ldots & \ldots & \ldots & \ldots \\ -\frac{a_n}{n!} & -\frac{a_{n-1}}{n!} & \ldots & \frac{a_2}{n} & -\frac{a_1}{n} - (x - \lambda_{n-1}) \end{vmatrix}$$

ÉQUATIONS DIFFÉRENTIELLES. — *Étude topologique de certaines équations différentielles non linéaires.* Note de M. **Gilbert Cahen**, présentée par M. Émile-Georges Barrillon.

Généralisation de la méthode géométrique imaginée par Liénard, pour l'équation de Van der Pol : extension aux équations du type

$$\ddot{x} + a\dot{x}^2 + b\dot{x} + c = 0,$$

a, b, c étant fonctions de x. Selon la méthode décrite, deux courbes coplanaires suffisent pour le tracé, l'étude topologique de toutes les courbes intégrales, de leurs singularités, séparatrices et cycles limites.

1. Si une équation différentielle du second ordre ne contient pas explicitement la variable indépendante (mettons le temps), une méthode classique consiste à poser $y = \dot{x}$, d'où $\ddot{x} = y(dy/dx)$. On en déduit $dy/dx = f(x, y)$, et l'on trace les courbes $f =$ const., dites isoclines.

Pour l'étude de l'équation de Van der Pol, Liénard [1] a proposé une autre méthode, que nous étendons à l'étude de toutes les équations de la forme

$$\ddot{x} + a\dot{x}^2 + b\dot{x} + c = 0, \tag{1}$$

où a, b, c sont des fonctions données de x (continues et dérivables, sauf en des points discrets). Posant

$$\dot{x} = y \exp\left(-\int a\,dx\right). \tag{2}$$

on est ramené à une équation du type

$$\ddot{x} + g\dot{x} + r = 0. \tag{3}$$

Nous introduisons

$$q(x) = \int_0^x g(x)\,dx \quad \text{et} \quad s(x) = q(x) + y. \tag{4}$$

Ces dernières fonctions sont celles de Liénard pour l'étude de l'équation moins générale $\ddot{x} + g(x)\dot{x} + x = 0$. Dans le plan auxiliaire (x, q), considérons les points $Q(x, g)$ et $R(x - r, q)$ de même ordonnée, et appelons (Q)

---

[1] *R. G. E.*, 23, 26 mai et 2 juin 1928, p. 901 et 946.

et (R) leurs lieux quand x varie; dans Liénard, la courbe R se réduit à l'axe des ordonnées. Par (4), l'équation devient

$$\frac{ds}{dx} = \frac{r}{(q-s)}. \tag{5}$$

Soit $S(x, s)$ le point d'abscisse x d'une courbe intégrale (S) de (5) dans le plan auxiliaire. L'équation (5) exprime que la normale, en S, à la courbe intégrale (S), passe par le point R correspondant, ce qui permet de tracer (S) de proche en proche par ses tangentes. Une construction simple, permet, en outre, de déterminer le centre de courbure en S, connaissant le point de rencontre des tangentes en R et en Q à (R) et (Q).

Par chaque point du plan, aux exceptions près étudiées ci-après, passe une courbe intégrale et une seule, qui constitue une « trajectoire » du point S dans le plan auxiliaire; le sens de déplacement de S est vers la droite lorsqu'il est au-dessus de Q, puisque $\dot{x}$ est alors positif, et *vice-versa*.

2. Les points singuliers à distance finie sont ceux pour lesquels la construction est en défaut : ce sont donc les points E d'intersection de (Q) et (R), c'est-à-dire ceux où la fonction $r(x)$ s'annule.

Comme on le sait, l'étude des trajectoires au voisinage des points tels que E se ramène à celle de l'équation linéaire obtenue en ne conservant que le premier terme, dans chacun des développements de g et r au voisinage de E; l'équation (3) conduit ainsi à l'équation linéaire à coefficients constants :

$$\ddot{x} + \left(\frac{dq}{dx}\right)_{\mathrm{E}} \dot{x} + \left(\frac{dr}{dx}\right)_{\mathrm{E}} x = 0. \tag{6}$$

Ceci revient à remplacer, au voisinage de E, les courbes (Q) et (R) par leurs tangentes, sauf si $(dr/dx)_{\mathrm{E}}$ est nul, cas qui sera examiné plus loin.

Géométriquement parlant, les racines réelles t_1 et t_2 de l'équation caractéristique de (6) correspondront à des trajectoires rectilignes passant par E, dont la détermination est immédiate, en remarquant que, pour une telle trajectoire, l'angle ESR est droit; la construction de S est donc élémentaire.

On sait qu'il existe trois types de points E, selon que t_1 et t_2 sont complexes (foyers), réels et de même signe (nœuds), réels et de signe contraire (cols); ces foyers et nœuds seront stables ou instables, selon le signe de $(dq/dx)_{\mathrm{E}}$.

Dans le cas des cols, la construction ci-dessus décrite fournit quatre trajectoires rectilignes au voisinage du col, deux par deux opposées, deux se dirigeant vers le col, deux s'en écartant; ce sont les amorces de quatre séparatrices.

Si (dr/dx) est nul au point E, autrement dit si l'on a une racine double de r, la courbe (R) est tangente à la courbe (Q); ce point singulier, de type nouveau, participe du nœud et du col (demi-col) : c'est, par exemple, un nœud pour les trajectoires situées au-dessus du point singulier, et un col pour les autres. Il y

a, alors, trois séparatrices issues du point singulier, au lieu de quatre dans le cas du col.

3. Une fois tracées les courbes (Q) et (R), les points singuliers sont connus; la facilité de la détermination des amorces, aux cols et aux demi-cols, des séparatrices, et de leurs prolongements par les tangentes, rend très rapide l'étude topologique complète des solutions de l'équation donnée.

4. Avec certaines formes des fonctions données a, b et c, et notamment, si ce sont des fonctions périodiques de x, de même période, on retrouve aisément les trois catégories connues de limites asymptotiques pour les courbes intégrales: nœuds ou foyers, (correspondant à des solutions asymptotiques x=const. de l'équation proposée), cycles limites de première espèce (courbes intégrales fermées sur lesquelles le point représentatif a un mouvement périodique), et cycles limites de seconde espèce (courbes intégrales illimitées, qui redonnent la même valeur à $\dot{x}$ pour des valeurs de x en progression arithmétique). Du point de vue cinématique, on a ainsi trois types de régimes permanents asymptotiques.

Avec certaines formes des fonctions a, b, c, le régime permanent asymptotique peut dépendre des conditions initiales, c'est-à-dire du point de départ de la courbe intégrale à l'instant choisi comme origine des temps.

CALCUL FONCTIONNEL. — *Sur les ensembles convexes dans les espaces linéaires réels abstraits où aucune topologie n'est admise.* I. Note de MM. **William D. Berg** et **Otton Martin Nikodým**, présentée par M. Arnaud Denjoy.

La représentation d'un tel ensemble par l'union de ses faces disjointes est déduite des propriétés élémentaires des notions d'une étoile et d'un plat locaux en un point d'un ensemble. On définit les corps convexes, c'est-à-dire des ensembles convexes ayant des points linéairement intérieurs, et on en signale quelques propriétés dont l'une est paradoxale.

1. Les ensembles convexes jouent un rôle particulièrement important dans le calcul fonctionnel; par exemple le célèbre théorème de Hahn-Banach n'est au fond, que le théorème [1] exprimant qu'un corps convexe est supporté par un hyperplat en un point de sa bordure. C'est pourquoi les auteurs se sont proposé d'aborder une étude systématique, élémentaire et géométrique de l'espace linéaire à une infinité de dimensions, en *évitant autant que possible* les conceptions topologiques, tout en espérant qu'une telle étude va jeter de la lumière sur le calcul fonctionnel qui est étudié d'habitude par des méthodes algébriques.

(1) *Voir* par exemple, Dieudonné, *Rev. Sc.*, n° **12**, 1941, p. 642-643.

2. *Notions et terminologie.* — *L'espace linéaire* L est défini comme l'espace vectoriel affine de Banach. Les vecteurs $x, y, \ldots, a, b, \ldots$ sont aussi appelés *points* (Grassmann); $E, F, \ldots$ désignent les sous-ensembles de L. Les symboles $\cup$, $\cap$, $\subseteq$, $\supseteq$, $\sim$, Λ (ensemble vide) ont la signification admise dans la théorie des ensembles. Θ, $\langle a, b\rangle$, (a, b), $\langle a, b)$, $(a, b\rangle$, ray $(x, y, \to)$, ray $\langle x, y, \to)$ désignent le vecteur nul, les segments fermé, $(\langle a, a\rangle = (a))$, ouvert, semi-ouvert, les rayons ouvert et fermé, issus de x et passant par y, $(x \neq y)$. Par un *sous-espace* nous entendons un $E \neq \Lambda$ tel que si $x, y \in E$ et $x \neq y$, E contient la ligne droite passant par x et y; par un *hyperplan*, un sous-espace maximal et $\neq L$, par un *plat*, une translation d'un sous-espace, par var F, resp. plat F, $(F \neq \Lambda)$, le plus petit sous-espace respectivement plat contenant F, par un *ensemble convexe* un ensemble G tel que, si $x, y \in G$, on a $\langle x, y\rangle \subseteq G$ et par, conv.$(M, x, \ldots)$ le plus petit ensemble convexe contenant les êtres spécifiés dans les parenthèses.

Voici quelques propriétés utiles. Conv $(x_1, x_2, x_3, x_4) = \bigcup \langle y', y''\rangle$, $(y' \in \langle x_1, x_2\rangle, y'' \in \langle x_3, x_4\rangle.)$. Si $E \neq 0$ est un ensemble quelconque, conv $E = \bigcup \text{conv}(x_1, \ldots, x_n).(x_1, \ldots, x_n \in E, n = 1, 2, \ldots)$. Si $E \neq 0$, $F \neq 0$ sont convexe, $\text{conv}(E, F) = \bigcup \langle x, y\rangle, (x \in E, y \in F)$.

3. Soit $x_0 \in E$ où E est convexe. Par une *étoile en* x_0 *et dans* E nous entendons un S tel que : 1° $x_0 \in S \subseteq E$; 2° si $x \in S$, $x \neq x_0$, il existe $y \in S$ tel que $x_0 \in (x, y) \subseteq S$; 3° si $x_0 \in (x, y) \subseteq E$, il existe u, v tels que $x_0 \in (u, v) \subseteq (x, y) \cap S$. L'union d'une collection d'étoiles en x_0 et dans E est aussi une telle étoile. Si S_1, S_2 sont des étoiles en x_0 et dans E, on a plat $S_1 =$ plat S_2. On désigne ce plat par $F(x_0; E)$ et l'appelle *plat local de* E *en* x_0. En voici quelques propriétés : 1° si x_0, $x_1 E$, $x_0 \neq x_1$, $x \in (x_0, x_1\rangle$, on a $\text{plat}(x_1; E) \subseteq \text{plat}(x; E)$; 2° E possède en chaque point du segment ouvert $(u, v) \subseteq E$ le même plat local; 3° si $x_0 \neq x_1$, $x_1, x_2 \in E$, $s = \text{ray}(x_0, x_1, \to)$, $x_1 = \sup(E \cap s)$, $x \in (x_0, x_1)$, on a $\text{plat}(x_1; E) \subset \text{plat}(x; E)$ (l'égalité exclue). Soit $E \neq \Lambda$; l'ensemble de tous les points de E possédant le même plat local s'appellera *face de E*.

THÉORÈME. — *Tout ensemble convexe* $\neq \Lambda$ *est l'union disjointe de toutes ses faces.*

4. Le point $x \in E$ conv est dit *linéairement intérieur de E dans L* (l.i), si $\text{plat}(x; E) = L$; leur ensemble sera désigné par E^* (« core » de M. Mc Shane); si E possède des points l.i., il s'appelle *corps convexe* (Dieudonné).

En voici quelques propriétés utiles : soit E un corps convexe dans L : 1° si $x_0 \in E^*$, V est un plat, de dimension $\geqq 1$, passant par x_0, alors $E \cap V$ est un corps convexe dans V; 2° si $x \in E^*$, $\langle x, \xi) \subseteq E$, alors $\langle x, \xi) \subseteq E^*$; 3° si $x \in E \sim E^*$, $x_0 \in E^*$, $s = \text{ray}\langle x_0, x, \to)$, on a $x = \sup(E \cap s)$; 4° si $x_0 \in E^*$, s est un rayon issu de x_0, $x_1 = \sup(E \cap s)$, alors $x_1 \overline{\in} E^*$; 5° si $x_1 x_2 \in E^*$, $s_1 = \text{ray}(x_1, \xi. \to)$,

$s_2 = \mathrm{ray}(x_2, \xi, \rightarrow)$, $\xi = \sup(E \cap s_1)$, alors $\xi = \sup(E \cap s_2)$. De 5° il résulte que l'ensemble des points $\sup(E \cap s)$ ne dépend pas du choix de l'origine x_1 de s. Cet ensemble s'appelle *le bord du corps E* (bord E). Les ensembles E^*, $E \cup$ bord E sont des corps convexes avec les mêmes ensembles des points l.i et avec le même bord.

Signalons une propriété paradoxale des corps convexes.

THÉORÈME. — *Si E est un corps convexe dans l'espace à une infinité de dimensions, il existe un hyperplan dont toutes les translations intersectent E dans un ensemble non vide.*

MÉCANIQUE — *La vitesse, grandeur qualitative, et la mécanique relativiste.* Note de M. **Jean Abelé**, présentée par M. Henri Villat.

1. La théorie la plus généralement admise de la mesure des grandeurs distingue deux catégories de grandeurs : les *grandeurs repérables* et les *grandeurs mesurables*.

Les premières ne supposent l'existence, entre divers états d'une même grandeur, que d'une *relation d'ordre*. On peut alors établir, entre les états ordonnés de cette grandeur et la série ordonnée des nombres réels, une correspondance biunivoque constituant une échelle graduée.

Un exemple de grandeur repérable est donné par la température.

Pour qu'une grandeur fasse partie de la catégorie des *grandeurs mesurables*, on exige que soit définie entre les états de cette grandeur, outre la susdite relation d'ordre, une *opération concrète de composition* immédiatement exprimable par l'*addition des nombres réels*.

2. Entre ces deux catégories, on peut concevoir des catégories intermédiaires; on atteint ainsi des grandeurs qualitatives que l'on pourrait caractériser par un concept de distance entre deux états quelconques d'une telle grandeur.

Toutefois, nous donnerons ici, à l'expression « *grandeur qualitative* », un sens plus restreint en introduisant, en correspondance avec une opération concrète de composition d'états dont nous supposons l'existence, une loi abstraite de composition satisfaisant aux conditions ordinaires qui définissent une structure de groupe. Si ce groupe est *isomorphe au groupe additif des nombres réels*, il existe, en désignant par u, v, w, des nombres respectivement associés aux états A, B, C, tels que C résulte effectivement d'une composition de A et de B, une fonction F telle que

$$\mathrm{F}(w) = \mathrm{F}(u) + \mathrm{F}(v).$$

On peut alors, *par l'intermédiaire de cette fonction*, effectuer, sur une grandeur qualitative, les mêmes opérations que sur une grandeur mesurable.

Un exemple de grandeur qualitative est offert par les intervalles entre sons musicaux, du fait, qu'à ceux-ci, sont associées des fréquences vibratoires. Aux intervalles bien connus qui définissent les différentes espèces de gammes correspondent des *rapports de fréquences*, dont la loi de composition est *multiplicative*. La fonction F est alors la fonction *logarithmique*.

3. Posons comme axiome fondamental de la Mécanique relativiste l'existence d'une *borne supérieure des vitesses*, désignée par c et considérons à un instant donné un ensemble de mobiles animés de vitesses orientées le long d'un axe. On peut définir entre ces vitesses :

a. Une *relation d'ordre*, suivant qu'un mobile A ,doué à cet instant de la vitesse V_A, *dépasse* un mobile B, doué au même instant de la vitesse V_B. Cette relation d'ordre est primitive, comme l'a montré M. Jean Piaget ([1]). Elle permet de graduer des indicateurs de vitesse associés à divers mobiles. Ces indicateurs de vitesse permettent, à leur tour, de reconnaître l'égalité ou l'inégalité de vitesses non simultanées et de contrôler la constance d'une vitesse dans le temps;

b. une *loi de composition*, spécifiée par l'existence d'une vitesse-limite. Cette loi s'identifie, sous de certaines conditions, à la loi einsteinienne de composition des vitesses, ainsi que le montre M. Pierre Malvaux ([2]). Si la vitesse-limite est prise pour unité, la fonction F est la fonction « *argument tangente hyperbolique* ».

La vitesse est ainsi définie comme « *grandeur qualitative* », antérieurement aux mesures d'espace et de temps qu'elle est destinée à relier.

4. On peut alors définir le mouvement rectiligne et uniforme comme un mouvement « à vitesse constante »; puis, en se donnant un *mobile horaire* animé d'un tel mouvement de vitesse $u < c$ dans un système de référence, y définir, *sans cercle vicieux*, une coordonnée temporelle t par l'équation $t = x/u$ et synchroniser des horloges situées le long de sa trajectoire.

5. Si l'on considère deux systèmes de référence animés, l'un par rapport à l'autre de la vitesse constante a le long d'un axe commun, on peut choisir arbitrairement sur cet axe la vitesse du mobile horaire dans *l'un quelconque* de ces deux systèmes. Il possède alors, dans *l'autre système*, une vitesse composée des vitesses a et u, suivant la loi définie au paragraphe 3 *b*. On démontre alors, à partir des caractères de relativité et de réciprocité du mouvement et à partir de cette loi de composition, les équations du groupe de Lorentz, sans aucune autre hypothèse.

([1]) *Les notions de mouvement et de vitesse chez l'enfant*, chap. VI. *L'intuition de la vitesse*, Paris, 1946.

([2]) *Comptes rendus*, 235, 1952, p. 1009.

6. Il suit de la définition proposée pour la vitesse que l'accélération tangentielle a pour expression : $(1/\alpha^2)(dv/dt)$ $(\alpha^2 = 1 - v^2/c^2)$.

Il n'y a, dès lors, plus lieu de distinguer une masse *longitudinale* et une masse *transversale*. La masse « *newtonienne* » est unique et identique à la masse « *maupertuisienne* ». Toutes deux ont pour expression : $m = m_0/\alpha$.

MÉCANIQUE. — *Recherche d'une loi intrinsèque de composition des vitesses.* Note de M. **Pierre Malvaux**, présentée par M. Henri Villat.

Selon les suggestions de M. Jean Abelé (¹) la simple notion de dépassement d'un mobile par un autre suffit à définir la vitesse comme une grandeur repérable orientée.

1. *A cette notion de vitesse peut être attachée une loi de composition* $F(w) = F(u) + F(a)$. — Soient les points M, A, B, C mobiles sur une droite $x'x$ orientée. Désignons par M/A, etc., la vitesse de M par rapport à A, etc. Posons $u = M/A$, $w = M/B$, $a = A/B$. On a $A/A = 0$ et $A/B = -B/A$ (réciprocité des vitesses). La seule notion de dépassement montre que M/B dépend de M/A et de A/B. Soit donc $M/B = f(M/A, A/B)$ ou $w = f(u, a)$ cette loi de dépendance. Cette relation possède les propriétés formelles suivantes :

$$(1)\quad \begin{cases} M/A = f(M/A, A/A) \quad \text{et} \quad M/A = f(M/B, B/A) = f(M/B, -A/B), \\ \qquad\qquad \text{avec} \quad M/B = f(M/A, A/B); \\ M/C = f(M/A, A/C) = f(M/B, B/C), \quad \text{avec} \quad A/C = f(A/B, B/C) \\ \qquad\qquad \text{si} \quad M/B = f(M/A, A/B). \end{cases}$$

Si l'on change l'orientation de l'axe $x'x$, les vitesses changent de signe et $B/M = f(B/A, A/M)$ s'écrit alors $M/B = f(A/B, M/A)$. On a donc aussi

$$f(M/A, A/B) = f(A/B, M/A) \quad \text{ou} \quad f(u, a) = f(a, u).$$

La relation $w = f(u, a)$, qui traduit la composition des vitesses, satisfait donc aux conditions formelles d'un groupe qui se laisse engendrer par un seul de ses éléments. Elle est isomorphe à $W = U + A$. Il existe donc une fonction $F(x)$, uniforme dans un intervalle convenable ainsi que sa fonction inverse, telle que la loi de composition des vitesses $w = f(u, a)$ équivaut à $F(w) = F(u) + F(a)$. La vitesse est donc une « grandeur qualitative » (¹).

Des relations (1), on déduit

$$F(0) = 0 \quad \text{et} \quad F(-u) = -F(u).$$

Les nombres u, a, w sont ordonnés comme u, a, $u + a$ si la fonction paire $F'(x)$ garde un signe constant. On le voit en supposant d'abord u et a positifs et en

(¹) *Comptes rendus*, 235, 1952, p. 1007.

appliquant le théorème des accroissements finis à

$$F(w) - F(u) = F(a) - F(o).$$

Invariant. — Si u et v sont les vitesses de M et N par rapport à A, la quantité $D(v, u) = F(v) - F(u)$ ne dépend pas du choix du repère A.

3. *Recherche de la fonction* $F(x)$ *dans l'hypothèse de la relativité.* — L'axiome fondamental est que les vitesses sont bornées supérieurement en valeur absolue. Nous prendrons cette borne égale à l'unité ($c = 1$). w ne peut atteindre cette limite qu'à la condition que u (ou a) l'atteigne également. Donc $f(1, a) = 1$, $f(-1, a) = -1$, quel que soit a. En différentiant $F(w) = F(u) + F(a)$, il vient $\partial w/\partial a = F'(a)/F'(w)$. Or si $u = 1$ (ou -1), $w = 1$ (ou -1) et $\partial w/\partial a = 0$ quel que soit a. Donc $1/F'(w) = (1 - w^2)/K(w)$, $K(w)$ arbitraire. La loi de composition cherchée $w = f(u, a)$ est

$$\int_0^w \frac{K(x)\,dx}{1 - x^2} = \int_0^u \frac{K(x)\,dx}{1 - x^2} + \int_0^a \frac{K(x)\,dx}{1 - x^2} \quad \text{puisque} \quad F(x) = \int_0^x \frac{K(x)\,dx}{1 - x^2}.$$

$K(x)$ est une fonction arbitraire, mais paire, de signe constant, sans pôle entre -1 et $+1$ et telle que $F(x)$ augmente indéfiniment lorsque x tend vers $+1$ ou -1.

Le plus simple est de prendre $K(x) = 1$. On a alors

$$F(x) = \int_0^x \frac{dx}{1 - x^2} = \frac{1}{2}\operatorname{Log}\frac{1+x}{1-x}, \qquad \text{d'où} \quad \frac{1+w}{1-w} = \frac{1+u}{1-u}\,\frac{1+a}{1-a} \qquad \text{soit} \quad w = \frac{u+a}{1+au}.$$

3. *Signification de ce choix.* — C'est poser *a priori* comme invariant relatif de deux vitesses u et v le rapport anharmonique qui les lie aux deux vitesses limites $+1$ et -1 :

$$I(v, u) = (-1, +1, v, u) = \frac{1+v}{1-v}\,\frac{1-u}{1+u}.$$

La relation $w = f(u, a)$ s'écrit alors $I(w, u) = I(a, o)$. Il y a avantage à définir l'*accélération* à partir de l'invariant différentiel $du/(1 - u^2)$. On peut introduire aussi une distance cayleyenne entre les deux vitesses de M et N par $D(v, u) = (1/2)\operatorname{Log} I(v, u)$; elle est indépendante du repère A.

4. *Intervention du continum spatiotemporel.* — La vitesse reste toujours pour nous une grandeur qualitative et une loi intrinsèque $w = f(u, a)$ suffit pour en définir la valeur. Mais il y a une dépendance réciproque entre mesure d'espace parcouru et durée du parcours par la médiation de la vitesse. On peut par exemple évaluer le temps à partir d'un espace parcouru à vitesse constante, comme l'indique M. Abelé. La loi $dx = u\,dt$ définit ainsi pour nous, non la vitesse, mais par exemple la métrique temporelle à partir de l'espace. Le choix de cette loi permet de lever l'indétermination de $F(x)$ et de justifier le choix précédent $K(x) = 1$.

On passe des coordonnées x et t définissant la position du mobile M par rapport au repère A aux coordonnées x' et t' relatives au repère B par les formules suivantes, où l'on suppose a constant :

$$(2)\quad \begin{cases} x' = \mathrm{X}(x, t, a), \quad t' = \mathrm{T}(x, t, a), \quad \text{avec} \quad x' = x \ \text{si}\ a = 0, \quad x' = at' \ \text{si}\ x = 0; \\ w = \dfrac{dx'}{dt'} = \dfrac{\dfrac{\partial \mathrm{X}}{\partial x}dx + \dfrac{\partial x}{\partial t}dt}{\dfrac{d\mathrm{T}}{dx}\partial x + \dfrac{\partial \mathrm{T}}{\partial t}dt} = \dfrac{u\dfrac{\partial \mathrm{X}}{\partial x} + \dfrac{\partial \mathrm{X}}{\partial t}}{u\dfrac{\partial \mathrm{T}}{\partial x} + \dfrac{\partial \mathrm{T}}{\partial t}} = f(u, a); \end{cases}$$

w et u sont donc liés par une relation homographique dont les coefficients ne dépendent que de a, d'après la première partie. De plus $f(u, a) = f(a, u)$. Si les vitesses ne sont pas bornées en valeur absolue, cette homographie dégénère en $w = u + a$ et $\partial\mathrm{T}/\partial x = 0$, c'est la cinématique galiléenne. Si les vitesses admettent une limite supérieure (égale à un en valeur absolue), -1 et $+1$ sont les valeurs doubles de cette homographie, d'où la seule solution $w = (a + u)/(1 + au)$.

De $w = dx'/dt = (dx + a\,dt)/(dt + a\,dx)$ on déduit facilement les formules de Lorentz sans hypothèse nouvelle, même sur le caractère linéaire des formules (2).

ASTROPHYSIQUE. — *Relation entre période, type spectral moyen et déphasage chez les Céphéides.* Note (*) de Mme **Perrine Dumézil-Curien**, présentée par M. André Danjon.

On montre que la relation empirique période-type spectral moyen pourrait trouver son origine dans une relation théorique plus générale, faisant intervenir un paramètre supplémentaire (déphasage entre les variations de la luminosité et du rayon) dont la méconnaissance serait partiellement responsable de la dispersion observée.

On a obtenu précédemment [formule (6) (1)] une expression de la discontinuité de la variation du flux lumineux dans une étoile pulsante à une surface (S) où γ est discontinu par suite de l'ionisation de l'hydrogène. Du côté intérieur de (S) on peut admettre que l'approximation de la pulsation adiabatique est valable et que, de plus, la variation du rayon, sinusoïdale, de pulsation $\sigma = 2\pi/\Pi$, a son amplitude proportionnelle au rayon ($\delta r/r$ constant). On évalue ainsi $\delta\mathrm{F}$ et λ, déphasage en (S) entre la variation du flux et celle du rayon

$$(1)\qquad \frac{\delta \mathrm{F}}{\mathrm{F}} = -h\frac{\delta r}{r}$$

(*) Séance du 27 octobre 1952.

(1) *Comptes rendus*, **233**, 1951, p. 1575.

(h est une constante positive dépendant de la nature du flux).

$$\text{(2)} \qquad \operatorname{tg}\lambda = \frac{\delta F' - \delta F}{\delta F}.$$

D'autre part si le mouvement de (S) peut être défini comme celui d'une surface où x reste constant au cours de la pulsation, avec les hypothèses indiquées on a

$$\text{(3)} \qquad u - V = -3\gamma \frac{\sigma p}{\rho g} \frac{1 - \dfrac{\gamma - 1}{\gamma}\left(\dfrac{5}{2} + \dfrac{\chi_{\text{H}}}{kT}\right)}{1 - \dfrac{d\log T}{d\log p}\left(\dfrac{5}{2} + \dfrac{\chi_{\text{H}}}{kT}\right)} \frac{\delta r}{r} \# -3\gamma \frac{\sigma p}{\rho g} \frac{\delta r}{r},$$

car il est vraisemblable que (S) se trouve dans une région de l'étoile en équilibre convectif et que $d\log T/d\log p \# (\gamma - 1)/\gamma$.

On obtient finalement

$$\text{(4)} \qquad \operatorname{tg}\lambda = -\frac{3\gamma}{h} \frac{\sigma p}{gF} \frac{kT}{\mu H} \frac{x - x'}{1 + x}\left(\frac{5}{2} + \mu_0 X \frac{\chi_{\text{H}}}{kT}\right).$$

Il est raisonnable d'admettre que d'une Céphéide à l'autre les discontinuités se produisent pour les mêmes valeurs de x, x', γ, c'est-à-dire sensiblement pour la même valeur de T, le degré d'ionisation dépendant peu de la pression. D'autre part, dans la zone en équilibre convectif $p/p_0 = (T/T_0)^{\gamma/\gamma-1}$, p_0 et T_0 étant la pression et la température au point de départ de la zone convective défini par la condition

$$\left(\frac{d\log T}{d\log p}\right)_{\text{rad}} = \frac{3F\varkappa_0 p_0}{4acgT_0^4} = \frac{\gamma - 1}{\gamma},$$

T_0 et par suite $\varkappa_0$ variant peu d'une Céphéide à l'autre on a $p \sim p_0 \sim gF^{-1}$. Les Céphéides satisferaient donc à une relation

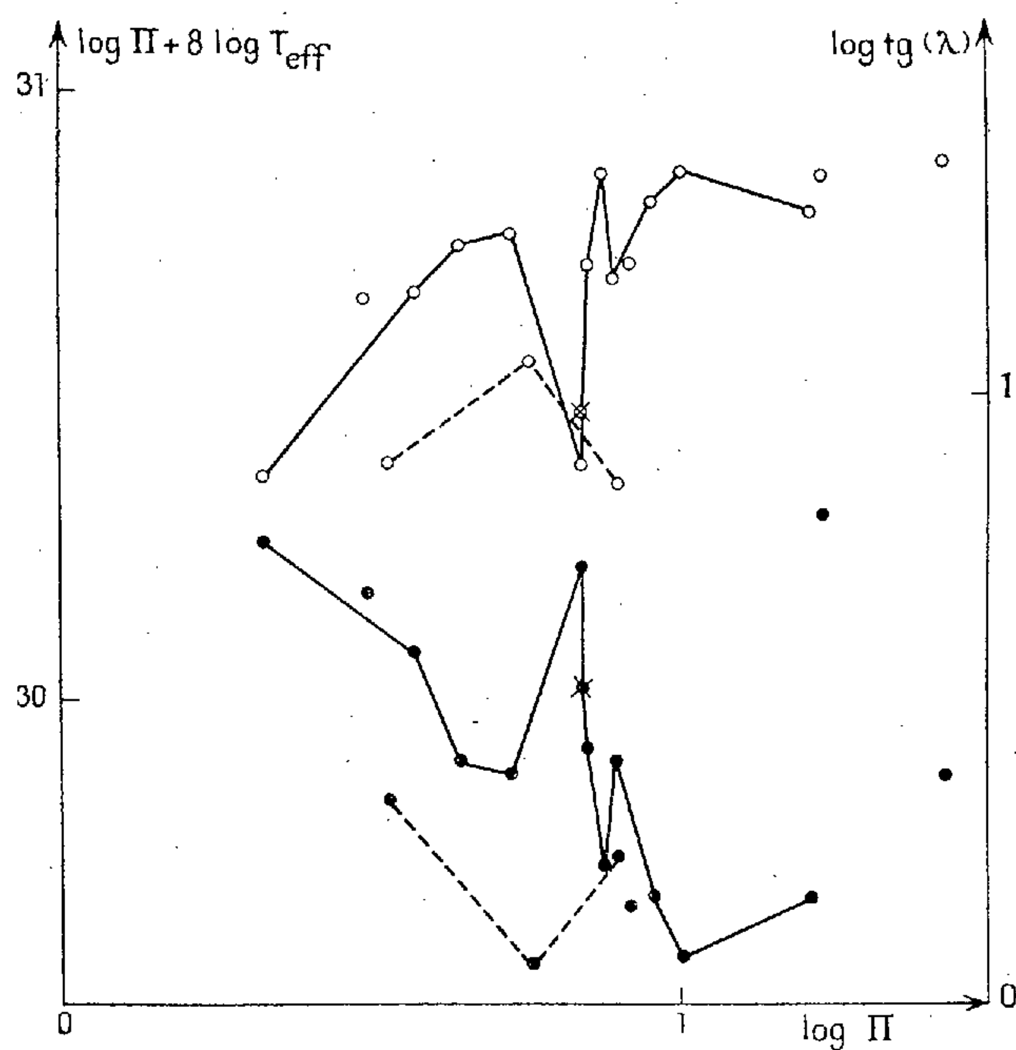
$$\text{(5)} \qquad \Pi T_{\text{eff}}^3 \operatorname{tg}\lambda \# \text{const.}$$

Cette expression peut être directement confrontée avec les données d'observation. Pour avoir une grandeur comparable au déphasage théorique qui suppose la pulsation sinusoïdale, on a utilisé le déphasage entre les premiers termes des développements en série de Fourier des courbes de luminosité et de vitesses radiales rapportées aux mêmes éléments; on s'est servi des résultats des analyses de Balassoglo ([2]) pour 19 Céphéides (RR Lyræ et RU Cam qui s'apparente à Mira Ceti ont été laissées de côté). Pour ces étoiles la T_{eff} a été déduite du type spectral moyen pris dans le catalogue d'étoiles variables de Kukarkin et Parenago en utilisant l'échelle de Kuiper pour les étoiles géantes. Sur le même graphique, avec la même échelle, on a porté en fonction

---

([2]) *Travaux de l'Université d'Odessa* (*Recueil de l'Observatoire astronomique O. U.*, 1, 1935).

de $\log \Pi$, d'une part $\log \operatorname{tg} \lambda$ (points noirs), d'autre part $\log \Pi + 8 \log T_{\text{eff}}$ (cercles); il semble qu'il y ait bien une certaine symétrie entre les deux groupes de points. [Pour plus de clarté on a réuni par des traits dans chaque partie du graphique



les douze points pour lesquels cette symétrie est frappante; les points réunis par des pointillés correspondraient peut-être à une loi (5) avec une constante différente].

ASTROPHYSIQUE. — *La courbe de polarisation de la Terre et la nature du sol lunaire.* Note de M. **Audouin Dollfus** présentée par M. André Danjon.

La courbe de polarisation de la lumière cendrée de la Lune permet de déterminer celle de la Terre, à un facteur près que j'ai calculé en composant la polarisation de l'atmosphère avec celle du sol et des nuages; j'ai recherché les lois de cette composition à l'aide de mesures effectuées en aérostat. Le coefficient de dépolarisation du sol lunaire dépend de l'albedo et correspond à celui de cendres volcaniques.

Il serait suggestif de comparer les courbes de la polarisation des planètes avec celle que montre la Terre dans les mêmes conditions d'observation; on peut trouver celles-ci grâce à l'étude de la lumière cendrée de la Lune. Avec les conseils et sous la direction de B. Lyot, nous avions appliqué ensemble, en 1949, le coronographe à la mesure de la polarisation de la lumière cendrée; un polariscope nouveau permettait d'opérer visuellement.

Depuis notre publication (¹), B. Lyot m'avait engagé à poursuivre seul ces recherches.

1. COURBE DE POLARISATION DE LA LUMIÈRE CENDRÉE. — J'ai d'abord tracé celle-ci à l'aide de 24 mesures obtenues au Pic du Midi, entre les angles de phase $V = 23°$ et 144°, auxquelles s'ajoutent, pour $V = 180°$, une mesure de la lumière de la Lune éclipsée. J'ai mesuré chaque fois des régions claires et sombres et rapporté les résultats à la valeur que donnerait une région sombre d'albedo 0,1. La figure 1 résume les résultats, elle représente également la polarisation de la Terre, pour une phase 180° — V, affectée par un coefficient de dépolarisation attribuable à la diffusion par le sol lunaire, qui réduit les ordonnées dans un rapport que nous allons préciser.

Polarisation de la lumière diffusée par la Terre. — Elle provient de la surface terrestre, des nuages et de l'atmosphère. Pour le vérifier, j'ai construit un petit polarimètre de Lyot, suffisamment réduit pour tenir dans la poche; il donne en plein air des mesures à 2 ou 3/1000 près; l'angle de vision se règle en observant à travers une pinnule l'image du Soleil réfléchie par un miroir convexe non argenté orientable. J'ai mesuré la polarisation de divers terrains et, en montagne, celle des nuages; j'ai étudié l'atmosphère grâce à des ascensions effectuées en aérostat (²) : au voisinage du sol, la polarisation d'une prairie, pour $V = 90°$, est environ 0,12; à 1000 m d'altitude, pour une inclinaison de 30° sur la verticale, 1/5 de l'atmosphère étant interposé, elle atteint 0,19 et devient beaucoup plus forte lorsque le sol est plus sombre; à 70°, la moitié de l'épaisseur de l'atmosphère est traversée, la polarisation devient 0,25 et sa variation avec V rappelle celle de la diffusion par les gaz. Le sol se comporte presque seulement comme un fond lumineux qui dilue la polarisation atmosphérique.

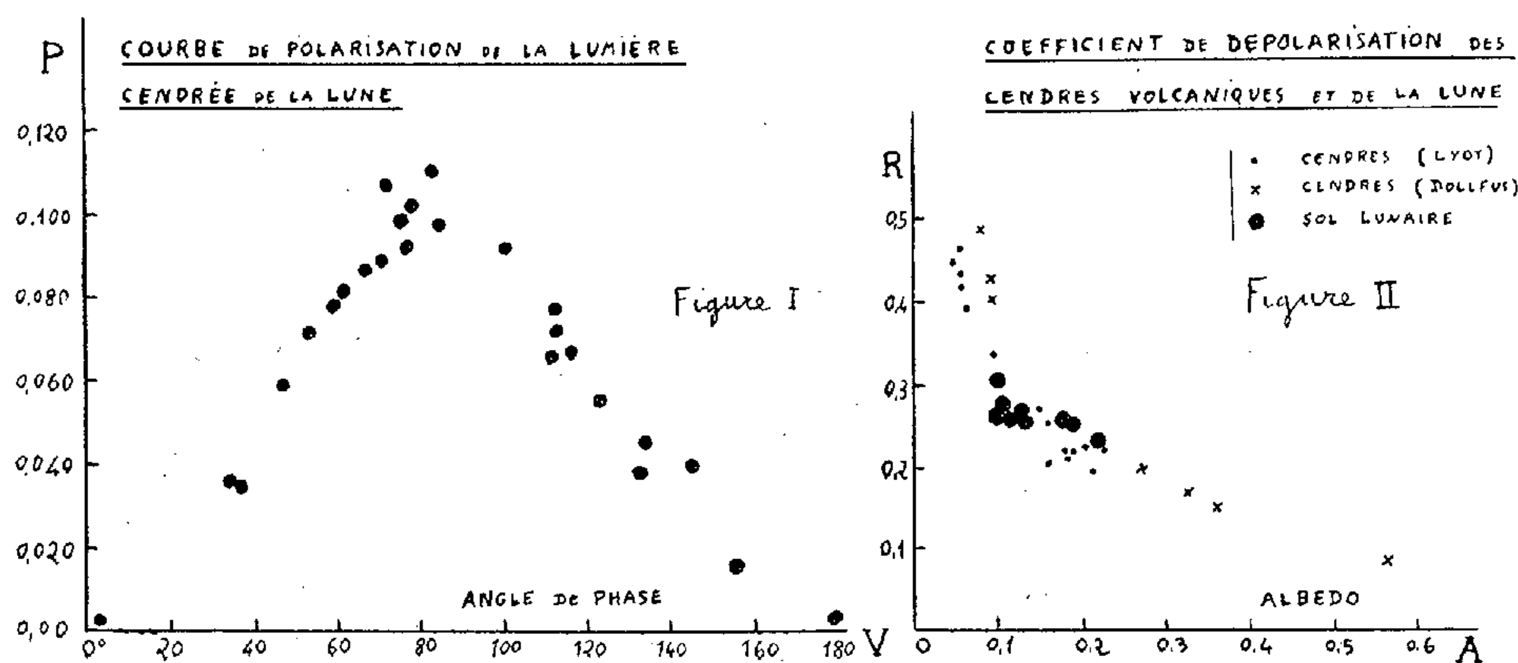
Les nuages et les poussières ont une polarisation très variable, selon l'état, le diamètre et le nombre des particules; elle est quelquefois forte, mais en raison de leur altitude, ces voiles masquent une partie de l'atmosphère dont ils suppriment la contribution à la polarisation observée. Il résulte à peu près de ces processus, dont on pourrait préciser les détails, que *le sol, la mer et les nuages se comportent sommairement à la manière d'un fond brillant peu polarisé devant lequel se projette l'atmosphère fortement polarisée.*

Courbe de polarisation de la Terre. — La polarisation résultante peut s'estimer ainsi : la brillance du fond est à peu près celle de la Terre vue de l'espace, soit à la quadrature 0,07 fois celle d'un écran parfaitement diffusant. La brillance de l'atmosphère pure est, dans les conditions normales, pour 1 cm d'épaisseur, $2{,}25.10^{-8}$ fois celle d'un tel écran; elle se

(¹) *Comptes rendus*, **228**, 1949, p. 1773.

(²) Avec des ballons de 600, 350 et 250 m³, principalement au-dessus des polders de Hollande, des plaines de Flandres et dans le bassin parisien.

comporte optiquement, pour l'ensemble de la sphère terrestre, comme une couche de 16 km; sa brillance est donc 36.10^{-3} et sa lumière presque totalement polarisée. La proportion polarisée de la lumière diffusée par la Terre à 90° du Soleil a donc pour ordre de grandeur 0,036/(0,07 + 0,036), soit 0,36.



On obtient la courbe de polarisation de la Terre en effectuant, sur la figure 1, *une symétrie par rapport à* V = 90° *et une affinité verticale telle que la polarisation soit environ* 0,36 *pour* V = 90°. La courbe n'est pas symétrique, bien que celle de l'atmosphère le soit, parce que l'épaisseur d'atmosphère traversée est plus grande au bord du disque terrestre qu'en son centre et que le bord seul intervient lorsque l'angle de phase est grand.

2. Coefficient de dépolarisation des différentes taches de la surface lunaire. — Ce coefficient R s'obtient en divisant la polarisation de la lumière cendrée par celle de la lumière incidente, qui vient de la Terre. La brillance trop faible de la lumière cendrée ne permet pas de mesurer visuellement des régions petites. J'ai réalisé un polarimètre photographique, dont le principe sera décrit ultérieurement; il permet d'obtenir, sur des régions de 3′ de diamètre, une précision de 2/1000 avec un temps de pose de 30 m seulement.

J'ai mesuré, le 5 octobre 1950, pour V = 78°, la polarisation des taches dont les albedos très divers ont été déterminés ultérieurement. La dépolarisation varie en sens inverse de l'albedo, selon la figure 2; je n'ai pas décelé de différences entre les taches du centre et du bord lunaire.

Nature de la surface du sol lunaire. — En 1929, B. Lyot avait montré que la courbe de polarisation de la surface lunaire est analogue à celle de cendres volcaniques. Ces sphérules absorbants ont un coefficient R qui varie très régulièrement avec l'albedo. J'ai reporté, sur la figure 2, les valeurs de R mesurées par Lyot auxquelles j'ai ajouté de nouvelles déterminations.

Elles encadrent exactement les mesures correspondant au sol lunaire; la plupart des autres substances s'en écartent beaucoup. *Cette détermination confirme la nature pulvérulente et absorbante du sol lunaire.* Elle vérifie la validité du calcul de la polarisation de la lumière diffusée par la Terre.

PHYSIQUE SOLAIRE. — *Étude des films cinématographiques de la chromosphère solaire au bord du disque.* Note (*) de M. **Muammer Dizer**, présentée par M. André Danjon.

J'ai étudié les films de la chromosphère au bord du disque obtenus par B. Lyot. Les spicules s'élèvent à la vitesse de 20 km/s et redescendent aussitôt, avec la même vitesse. Ils atteignent une altitude apparemment voisine de 10″, mais en réalité plus basse et ne dépassent que rarement 13″. Ils ne restent visibles que 2 m environ. Des régions plus agitées ont une vitesse plus grande et une altitude plus élevée.

On peut observer la chromosphère se projetant de profil, au bord du Soleil pendant les éclipses totales, ou bien en dehors de celles-ci grâce à sa radiation H_α isolée avec le spectroscope à fente large, le spectrohéliographe ou le filtre polarisant. Elle montre une multitude de jets semblables à de très petites protubérances qui jaillissent de la photosphère et se projettent les unes devant les autres; ce sont les spicules.

Études antérieures sur les spicules. — Ils ont été décrits par Secchi [1] qui a cherché à déceler leurs mouvements. Leur hauteur moyenne mesurée à Arcetri [2] varie de 10″,3 à l'équateur à 10″,8 aux pôles. Au voisinage des taches [3] et des protubérances [4] des dépressions caractérisent une diminution de cette hauteur. Les spicules seraient inclinés légèrement vers l'équateur, sauf dans les zones actives [5]. O. Mohler [6] a tracé une courbe de fréquence de la hauteur du sommet des spicules au-dessus du niveau de la photosphère. W. Roberts [7] a étudié leur durée de vie moyenne; il trouve 3 m environ.

Films cinématographiques de B. Lyot. — En associant le filtre monochromatique polarisant de son invention à la lunette de 38 cm qu'il avait installée à l'observatoire d'altitude du Pic du Midi, B. Lyot [8] a cinéma-

(*) Séance du 20 octobre 1952.

(1) *Le Soleil*, 1875, 2.

(2) *Mem. Soc. Ast. Ital.*

(3) Respighi, *Am. J. of. Sc.* 1871, 3e série; Young, *The Sun*, p. 216.

(4) P. Parchomenko, L. Krysenko, *Die Sterne*, n° 8, 1940, p. 140.

(5) Bugoslovskaya, *A. J. U. S. S. R.*, **23**, n° 4, 1946.

(6) *M. N.*, **111**, n° 6, 1951, p. 630-633.

(7) *Ap. J.*, **101**, 1945, p. 136.

(8) *Ann. Astphy.*, **7**, 1944, p. 79.

tographié à de nombreuses reprises la chromosphère au bord du Soleil, en isolant sa radiation H_α. L'intervalle entre les poses était de 30 s. A l'observatoire de Meudon, B. Lyot avait mis à ma disposition tous ses films. Celui du 30 août 1942 est très fin; projeté sur l'écran, il montre deux régions près de l'équateur, l'une, calme, représente la chromosphère dans son état normal; une autre semble particulièrement agitée. En décalquant les images sur l'écran j'ai mesuré, dans deux régions calmes, la hauteur de 14 points de la chromosphère distants de 10″ en 10″ pendant 30 m (1 mesure toutes les minutes). J'ai ensuite mesuré 10 points, toutes les 30 s, pendant 60 m; ils montrent la chromosphère agitée.

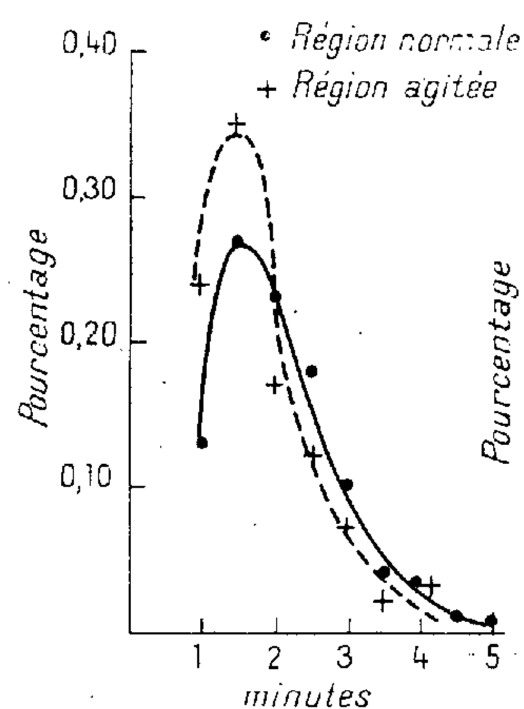


Fig. 1.

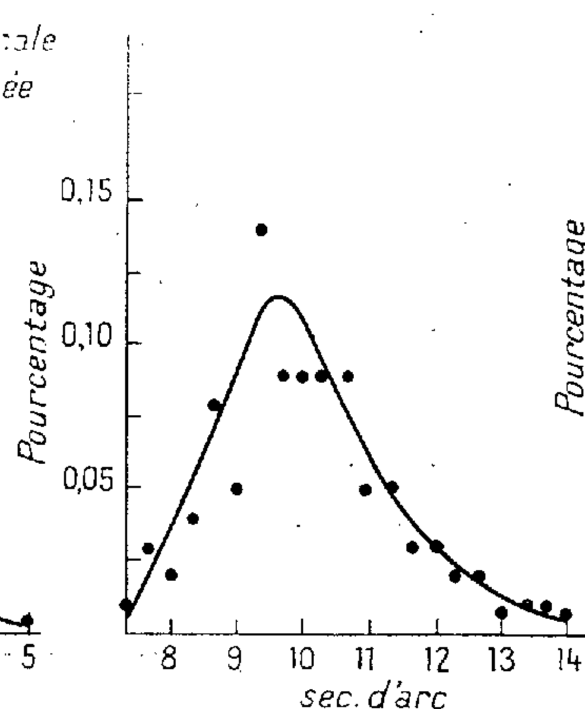


Fig. 2.

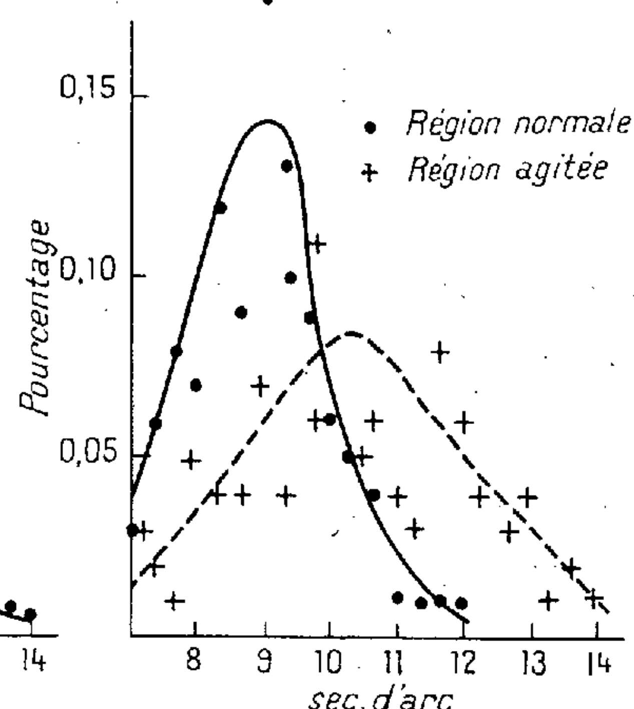


Fig. 3.

Fig. 1. — Durée pendant laquelle un spicule dépasse le niveau moyen du sommet de la chromosphère. Nombre de spicules, 155 région calme, 58 région agitée.

Fig. 2. — Hauteur maximum atteinte par le sommet des spicules qui dépassent le niveau apparent de la chromosphère (dénombrés par intervalles de hauteur de 0″,3). Nombre de spicules : 353.

Fig. 3. — Fréquence de la hauteur d'un point de la chromosphère mesurée toutes les 30 s. Nombre de mesures : 568 région normale, 221 région agitée.

Durée d'apparition des spicules. — La variation de hauteur d'un point de la chromosphère fluctue, en raison des jets qui s'élèvent sans cesse au-dessus du niveau moyen. J'ai déterminé la durée pendant laquelle ces jets dépassent ce niveau en obtenant les courbes de fréquence de la figure 1. Cette durée est le plus généralement comprise entre 1,5 et 2,5 m. Elle ne dépasse que rarement 4 m, des durées apparemment plus longues provenant de la projection de deux spicules successifs l'un devant l'autre. Ces durées sont à peine plus courtes dans les régions agitées.

Mouvements verticaux des spicules. — Le spicule s'élève et retombe immédiatement; la vitesse d'ascension est sensiblement égale à la vitesse de descente; pour un spicule normal, sa valeur est voisine de 20 km/s,

quelle que soit sa durée d'apparition; lorsque celle-ci est longue, le jet atteint une altitude plus élevée. Dans les régions agitées, la vitesse est plus grande, environ 40 km/s, les spicules s'élèvent par suite plus haut.

Variation de l'agitation des spicules. — Dans les régions calmes, les courbes de hauteur en fonction du temps, pour divers points de la chromosphère montrent des fluctuations modérées. Dans les régions actives, la chromosphère, préalablement normale, devient brusquement agitée, les fluctuations augmentent d'amplitude et restent ainsi, sur nos documents, respectivement pendant 15, 30 et 60 m, puis le calme revient. Avant et après ces périodes, il semble que l'on observe des petites variations d'ensemble du niveau moyen, dépressions ou élévations qui persistent quelques minutes et qu'il serait bon de confirmer.

Hauteur atteinte par le sommet des spicules. — J'ai construit la courbe de fréquence de la figure 2. Cette courbe est déformée par des jets qui se projettent les uns devant les autres. Lorsqu'un jet s'élève trop peu, il ne dépasse pas le niveau supérieur moyen de l'ensemble des autres spicules et ne peut être observé. Lorsqu'un jet s'élève en avant ou en arrière du contour apparent, il paraît moins haut. La hauteur apparente la plus fréquemment atteinte est 10″. La hauteur réellement la plus fréquente peut n'être que beaucoup plus faible; peu de spicules dépassent 13″, ceux qui atteignent 15″ sont déjà comparables à de petites protubérances.

Hauteur moyenne de la chromosphère. — La courbe de fréquence des hauteurs mesurées sur chaque image du film (*fig.* 3) donne la hauteur moyenne 9″, soit 6 500 km. La région agitée s'élève plus haut.

ÉLECTRONIQUE. — *Le magnétron en régime statique de coupure : étude expérimentale. II Influence de l'inclinaison du champ magnétique sur l'axe du magnétron.* Note de M. **Jean-Loup Delcroix**, présentée par M. Louis de Broglie.

On étudie le courant résiduel dans la région de coupure en faisant varier l'inclinaison du champ sur l'axe du magnétron. Cette étude met à nouveau en évidence trois régimes B_0, B_1 et B_2; B_1 n'est que peu sensible à l'inclinaison, B_0 l'est de façon critique, B_2 a des propriétés intermédiaires. Ces expériences confirment l'interprétation que nous avons donnée précédemment : B_0 est le régime de Brillouin, B_1 et B_2 sont les deux premiers régimes bidromiques.

Dans une Note précédente ([1]) nous avons montré qu'une étude soignée du courant résiduel dans un magnétron bloqué fournit des renseignements intéressants sur les états de la charge d'espace. Nous avons mis ainsi en évidence

([1]) J. L. Delcroix, *Comptes rendus*, **234**, 1952, p. 2347.

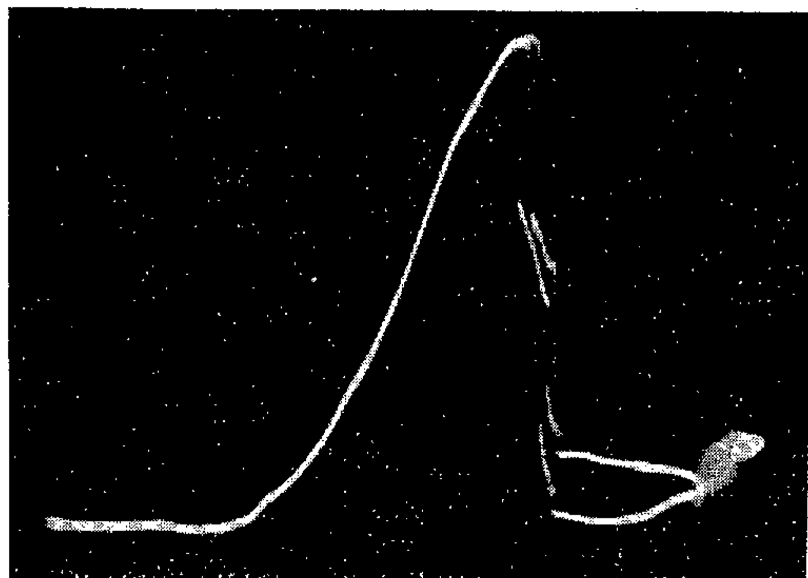


Fig. 1.

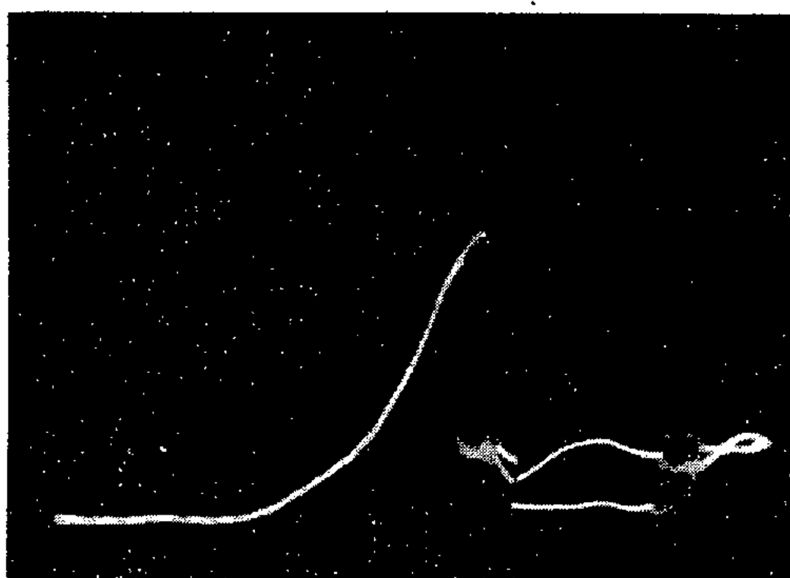


Fig. 2.

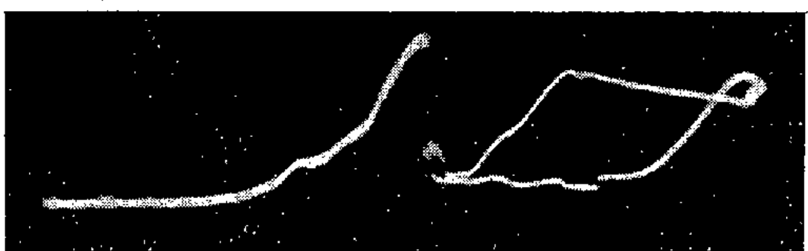


Fig. 3.

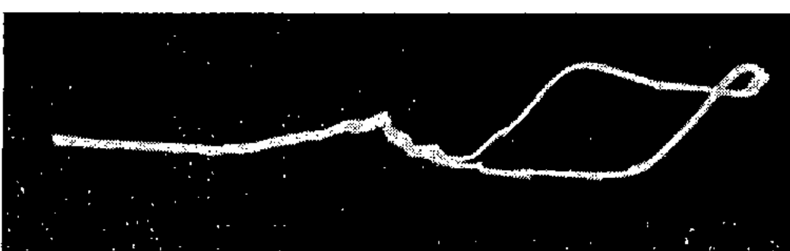


Fig. 4.

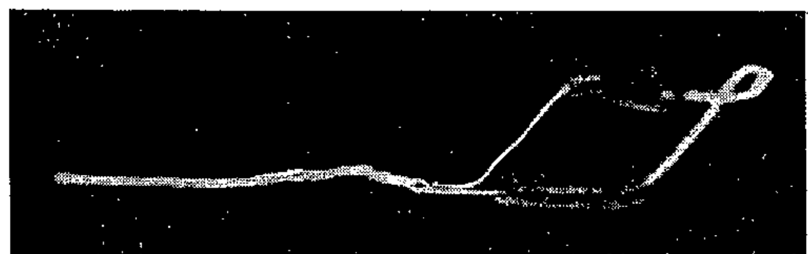


Fig. 5.



Fig. 6.

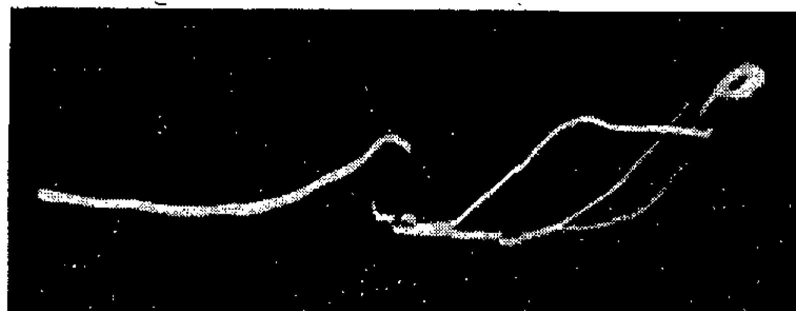


Fig. 7.

Données sur les figures ci-dessus (*).

Nº des figures.	$\frac{c}{a}$.	H.	V_0 (volts).	ΔV (volts).	α (degrés).	Valeurs des coordonnées. (A/cm).
1..........	7,15	97 gauss	106	100	1,52	4.10^{-6}
2..........	–	–	–	–	1,14	–
3..........	–	–	–	–	0,73	2.10^{-6}
4..........	–	–	–	–	0,45	–
5..........	–	–	–	–	0	–
6..........	–	–	–	–	–0,23	–
7..........	–	–	–	–	–0,78	–

(*) Les notations sont celles de la Note citée en (1).

trois régimes B_0, B_1, B_2 que nous avons identifiés avec le régime de Brillouin et les deux premiers régimes bidromiques [2].

Dans nos premières expériences le champ magnétique H était créé par un solénoïde. Nous lui avons maintenant adjoint deux couples de bobines de Helmholtz fournissant deux composantes de champ magnétique h_1 et h_2 perpendiculaires entre elles et au champ H. En faisant varier h_1 et h_2 on peut faire balayer au champ résultant un cône de quelques degrés et voir ainsi si l'inclinaison α du champ magnétique sur l'axe du magnétron agit de manière critique. Les photos ci-jointes sont un exemple typique des résultats obtenus. On y a fait varier α dans un plan passant par l'axe, sur un intervalle total de 2 degrés environ en maintenant constantes toutes les autres conditions. On peut en tirer les conclusions suivantes :

La position des transitions varie légèrement avec l'angle α, mais c'est un phénomène de peu d'importance tant que α reste faible.

La forme des oscillogrammes de courant résiduel dépend au contraire beaucoup de l'angle α; toutefois cette étude montre une très grande différence entre les divers régimes :

Le régime B_1 n'est que peu sensible à l'inclinaison α;

Le régime B_0 l'est au contraire de façon critique;

Le régime B_2 a des propriétés intermédiaires.

Pour une certaine orientation du champ on constate que les transitions ne sont plus décelables, et que le courant résiduel dans l'état B_0 est très faible. En même temps des oscillations H. F. apparaissent dans l'état B_1. Nous pensons que cette orientation correspond au parallélisme entre le champ et l'axe du magnétron. Nous avons admis qu'on avait alors $\alpha = 0$.

Ce n'est que lorsque l'on s'éloigne assez fortement de cette orientation (de plus de 1°) qu'apparaissent les formes d'oscillogrammes précédemment décrites [1] comportant des transitions à large hystérésis.

La forte sensibilité du régime B_0 à l'inclinaison nous paraît confirmer l'interprétation que nous en avons donnée, à savoir que B_0 est bien le régime de Brillouin.

SPECTROSCOPIE. — *Effet du champ électrique sur le contour des raies* $HI(2\,^2P^0 - n\,^2D)$ *émises dans une recombinaison radiative.* Note de MM. **Charles Weniger** et **Louis Herman**, présentée par M. Eugène Darmois.

On sait, depuis les travaux de Stark, que le champ électrique a pour effet de modifier la longueur d'onde d'une raie atomique. Lorsque le champ électrique est causé par les particules chargées du gaz ionisé, la variation de

(2) J. L. Delcroix, *Comptes rendus*, 232, 1951, p. 2298.

longueur d'onde se traduit par un élargissement de la raie. L'étude expérimentale du contour des raies d'hydrogène (raies de Balmer) a été faite par Hanot (1928), Hulburt (1923), Edels et Craggs (1951) et autres, et l'étude théorique par Holtsmark et Verwey (1936).

La comparaison des contours expérimental et théorique fait apparaître un désaccord au voisinage du centre de la raie; le contour théorique montre un important affaissement au centre par rapport au contour expérimental. Il n'existe, à notre connaissance, aucune interprétation satisfaisante de cet excès d'intensité au centre de la raie.

L'objet de la présente Note est de montrer la nécessité de tenir compte, non seulement de l'action du champ électrique intermoléculaire sur le niveau excité de l'atome d'hydrogène, mais également du processus par lequel il est porté à ce niveau. Considérons, par exemple, l'émission des raies de Balmer par le processus de recombinaison entre les ions H^+ et les électrons (recombinaison radiative). L'intensité de l'émission continue I_λ émise pendant la capture de l'électron est déterminée par la formule bien connue

$$(1)\qquad N_{r,x} = \frac{I_\lambda}{h\nu} = v S(v)[N^+][N^-]\frac{dv}{d\lambda}.$$

$N_{r,x}$ est le nombre d'atomes formés par seconde au niveau x par recombinaison des électrons animés de vitesse v et de concentration $[N^-]$ et des ions de concentration $[N^+]$; $S(v)$ est la section de capture au niveau x.

Les atomes formés au niveau x émettent spontanément des radiations permises au cours de transitions « en cascade ». La population des niveaux p qui en résulte est déterminée par les relations

$$(2)\qquad \sum_{f=p+1}^{x} N_f^x A_{fp} = N_p^x \sum_{s=1}^{p-1} A_{p,s}; \qquad p = 2, 3, 4, \ldots, (x-1),$$

$$N_{r,x} = N_x \sum_{s=1}^{x-1} A_{x,s}; \qquad x = x_1, x_1+1, x_1+2, \ldots, x_l.$$

où x_1 est le niveau dont on cherche la population et x_l le dernier niveau non ionisé en présence du champ électrique intermoléculaire.

$S(v)$ peut être évalué théoriquement, les relations (1) et (2) permettent alors de calculer le nombre total d'atomes au niveau x_1

$$(3)\qquad N_{x_1} = \sum_{d=x_1}^{x_l} N_{x_1}^d$$

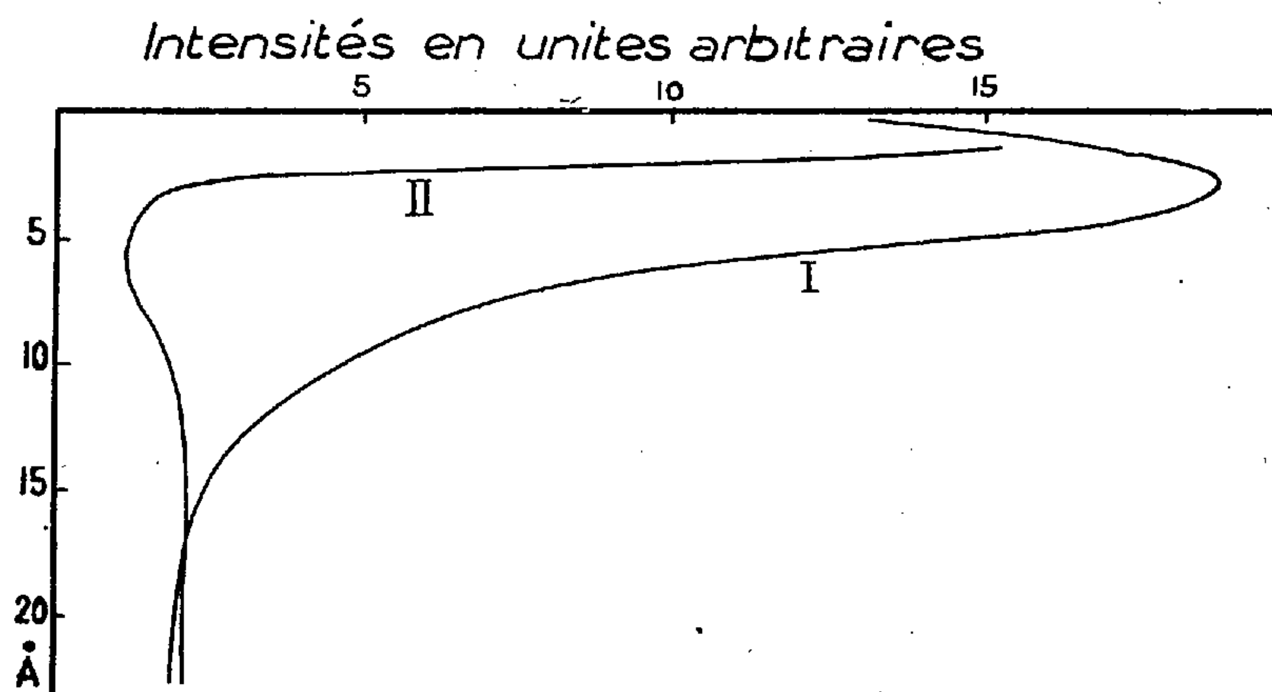
La relation $F = e(2x_l+1)/6a_0^2 x_l^4 (x_l+1)^2$ entre le champ intermoléculaire F et x_l montre que lorsque F croît, x_l diminue et, en raison de la relation (3), N_x diminue également. On peut montrer que $N_{x_1}^{x_1} \leq N_{x_1} < 1,5 N_{x_1}^{x_1}$.

Le contour des raies HI, élargies sous l'action du champ intermoléculaire, est déterminé par la relation (Holtsmark) :

$$I_{\lambda,c} = W_\lambda I_c; \qquad I_\lambda = \sum I_{\lambda,c}; \qquad \lambda = f_c(F),$$

où W_λ est la probabilité pour que l'atome soit soumis au champ F pendant la transition et I_c l'intensité de la composante de la structure fine, généralement supposée constante. En réalité, elle dépend du champ perturbateur F (Lanczos, 1930). Pratiquement, l'intensité est constante pour $F < F_i$ et nulle pour $F > F_i$, cas où la préionisation devient importante. Cette préionisation a pour effet de supprimer $I_{\lambda,c}$ pour $F > F_i$ et de réduire I_λ pour les grandes valeurs du champ intermoléculaire.

Dans le cas de faibles champs perturbateurs, la section de capture $S(E_1)$ dépend essentiellement de l'énergie cinétique E_1 des électrons. Cette approximation n'est plus valable pour les champs intenses pour lesquels E_1 doit être remplacé par $E = E_1 + E_2$; $E_2 = E_{i,0} - E_{i,F}$; $E_{i,0}$ et $E_{i,F}$ étant les énergies d'ionisation pour les champs perturbateurs O et F.



Distribution d'intensité d'une raie Hα émise dans une recombinaison radiative et élargie par le champ intermoléculaire. $F_n = 2,61\,[N^+]^{2/3}\,e = 10^6$ volts/cm. La courbe I est obtenue en admettant une section de capture $S(E_1)$ constante et la courbe II en admettant $S(E_1+E_2) = \text{constante}/(E_1+E_2)$, E_1 étant l'énergie cinétique moyenne des électrons et E_2 étant la différence entre l'énergie d'ionisation de l'atome non perturbé et l'énergie d'ionisation de l'atome perturbé par le champ électrique F.

Cet effet est le plus important des trois. Pour les faibles valeurs de E_2, S (E) varie comme $1/E$: les calculs numériques montrent que la variation de S (E) avec E_2 entraîne une importante modification du contour des raies (figure). Dans le cas d'une émission par recombinaison radiative, le défaut d'intensité apparaissant dans la théorie de Hotsmark pour les faibles valeurs de F, au centre de la raie élargie, se trouve ainsi comblé, au moins partiellement.

SPECTROSCOPIE. — *Spectre d'absorption de l'oxyde azoteux solide dans la région de Schumann.* Note de M. **Jacques Romand** et Mme **Janine Granier-Mayence**, présentée par M. Eugène Darmois.

Les auteurs montrent qu'à la température de 60° K, le spectre d'absorption de N_2O solide entre 2400 et 1600 Å comporte une bande d'absorption correspondant à la bande B du gaz, mais légèrement déplacée vers les grandes fréquences. Une absorption complémentaire dont nous ne pouvons pas préciser l'origine apparaît vers les grandes longueurs d'onde.

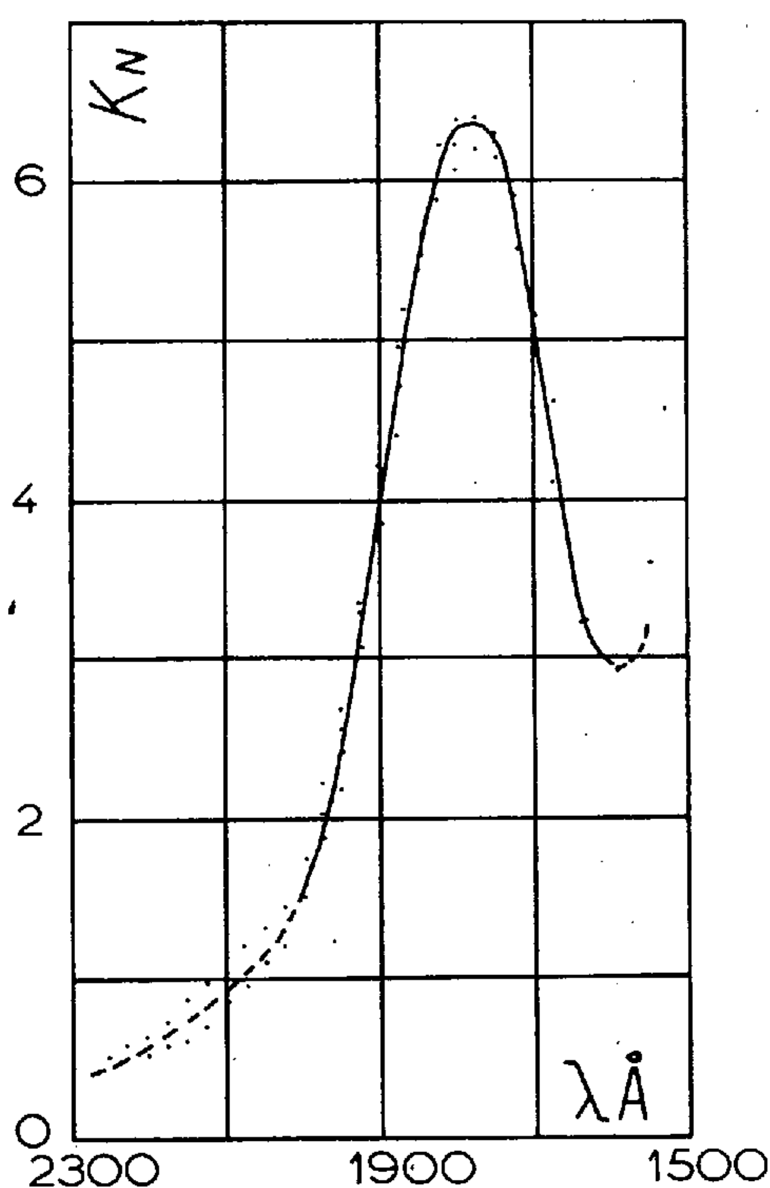
L'étude de l'effet de température sur la bande B (maximum à 1830 Å) du spectre d'absorption de l'oxyde azoteux gazeux (1) nous a conduits à la conclusion qu'il semble impossible d'interpréter cet effet sans faire appel à une combinaison des fréquences fondamentales. Il nous a paru utile de compléter ces résultats par une étude de l'état condensé afin d'observer le comportement de la bande dans ces conditions. Nous nous sommes intéressés ici au solide, nous réservant d'aborder ultérieurement le liquide, dont Vodar a déjà étudié le spectre d'absorption dans l'ultraviolet moyen (2).

Ce travail a été effectué au moyen du cryostat décrit par ailleurs (3) avec comme éjecteur un trou de 1/10 de millimètre percé dans une paroi de 2/10 de millimètre d'épaisseur, la pression en amont étant de 1 à 4 cm de Hg. La région spectrale étudiée s'étend de 2400 à 1550 Å. Mais N_2O est peu absorbant, ce qui conduit à des couches relativement épaisses (1 à 10 μ environ) et, bien que sa température de solidification soit de 182°K, la température de l'azote liquide n'est pas suffisamment basse pour obtenir une couche homogène et nous avons dû employer comme réfrigérant l'azote sous pression réduite qui permet d'atteindre environ 60°K. Nous avons superposé plusieurs couches évaporées successivement dans des conditions identiques; nous connaissons ainsi les épaisseurs en valeur relative et également la courbe d'absorption en unités arbitraires. Le calcul absolu des quantités condensées sur la fenêtre a été fait à partir des mêmes hypothèses que dans le cas du benzène (4) et le résultat ne doit être considéré que comme un ordre de grandeur; ceci n'intervient d'ailleurs que sur la valeur absolue des coefficients et non sur la forme et la position de la courbe qui sont les données les plus intéressantes.

---

(1) J. Romand et J. Granier-Mayence, *Comptes rendus*, **234**, 1952, p. 824.
(2) J. Nicolle, B. Vodar et Yeou Ta, *Comm. Soc. Phys.*, janvier 1940 (*J. Phys.*, **1**, 1940, 4 S.).
(3) J. Romand et B. Vodar, *J. Phys.*, **12**, 1951, p. 631.
(4) J. Romand et B. Vodar, *Comptes rendus*, **233**, 1951, p. 930.

Les résultats obtenus dans ces conditions sont résumés sur la figure 1 où l'on a porté $K_N = \varepsilon c$ en fonction de λ. La bande observée dont nous admettrons qu'elle correspond à la bande B du gaz (maximum à 1830 Å pour le gaz à 290° K) a son maximum situé à 1780 Å environ, ce qui correspond à un déplacement de 50 Å, soit 1500 cm^{-1}, vers les courtes longueurs d'onde; de plus, elle est élargie de 35 Å par rapport à celle du



gaz. D'autre part, nous observons un minimum à 1600 Å et une remontée non figurée sur la courbe car la précision est médiocre dans cette région trop voisine de la limite du spectre. Enfin, une brusque variation de la pente de la courbe se produit à 2 000 Å et la partie comprise entre 2 400 et 2 000 Å se relève nettement ainsi que nous avons pu le constater sur courbe logarithmique.

Ceci laisse supposer que, dans cette région, le spectre du solide est différent de celui du liquide; Vodar (2) n'avait pas, en effet, observé une telle absorption. Or, cette partie de la courbe se présente comme une seconde bande, peu intense qui se superposerait partiellement à la bande B; elle ne peut provenir d'un phénomène d'interférences (couche trop épaisse) ni d'une perte par réflexion (éliminée en faisant les différences sur plusieurs couches); une absorption fictive due à la diffusion semble peu probable étant donné les conditions variées de formation de la couche au cours de

nos expériences. Bien que nous n'ayons jamais constaté de production de NO dans notre étude sur le gaz sous l'influence d'une irradiation, il n'est pas impossible qu'il n'en soit pas de même à l'état solide. Afin de faire varier les conditions de cristallisation, nous nous proposons de reprendre prochainement cette étude à température plus basse (hydrogène liquide).

En ce qui concerne la bande B, une extrapolation rapide nous a montré que, pour le gaz supposé à la température de 60° K, ce maximum ne serait pas à une longueur d'onde inférieure à 1810 Å. Par conséquent, le déplacement de la bande B (30 Å par rapport au gaz à la même température) ne peut pas s'expliquer par un effet de température sur la molécule. Cet effet doit donc être causé par des forces d'interactions entre molécules voisines dans le solide. On sait (5) que les fréquences de vibration de N_2O sont à peine modifiées par le passage de l'état gazeux à l'état liquide; si l'on suppose que le passage de l'état liquide à l'état solide ne les modifie pas davantage, l'état de base $^1\Sigma$ de la molécule N_2O ne doit pas être fortement perturbé, et c'est le niveau excité qui subirait le plus gros déplacement. Il est certain que l'étude infrarouge du solide nous fournirait des précisions sur la modification éventuelle des niveaux vibratoires.

SPECTROSCOPIE. — *Étude spectroscopique de la liaison hydrogène chez les acides trifluoroacétiques et trichloroacétiques légers et lourds.* Note de Mlle **Marie-Louise Josien** et M. **Nelson Fuson**, présentée par M. Paul Pascal.

Une étude spectroscopique des acides trifluoroacétiques légers et lourds, entre 650 et 3600 cm^{-1} a été faite récemment par nous (1), (2). La lecture d'un article de M. Davies (3) faite postérieurement nous a incités à analyser de nouveau la complexité des bandes de valence OH.

Il est en effet remarquable que parmi les fréquences des maxima observés (2) dans les larges bandes OH et OD correspondant aux molécules associées, on puisse discerner les termes d'une progression arithmétique de raison r.

Le tableau suivant contient, avec les résultats correspondant aux acides trifluoroacétiques, ceux publiés par M. Davies (3) pour l'acide trichloroacétique ordinaire; pour chaque substance, la fréquence la plus élevée corres-

---

(5) B. Vodar et Yeou Ta, *J. Phys.*, 1, 1940, p. 376.

(1) M. L. Josien, N. Fuson, E. A. Jones et J. R. Lawson, *Comptes rendus*, 234, 1952, p. 1163.

(2) N. Fuson, M. L. Josien, E. A. Jones et J. R. Lawson, *J. Chem. Phys.*, 20, 1952 (sous presse).

(3) M. Davies et J. C. Evans, *J. Chem. Phys.*, 20, 1952, p. 342.

pond à la vibration de valence OH du monomère, les autres fréquences aux divers maxima de la bande OH dite associée.

CF_3COOD (vapeur) (2).	CF_3COOH (vapeur) (2).	CCl_3COOH (en solution dans CCl_4) (3).
2648	3587	3497
2457	3248	
2413 (2648 — 2 × 118)	3144 (3587 — 2 × 221)	3077 (3497 — 2 × 210)
	3084	
2366	2985	3030
	2950	
2290 (2648 — 3 × 119)	2905 (3587 — 3 × 227)	2874 (3497 — 3 × 208)
2203	2838	
2164 (2648 — 4 × 121)	2700 (3587 — 4 × 222)	2611 (3497 — 4 × 221)
	2598	
2077 (2648 — 5 × 114)		2488 (3497 — 5 × 202)
		2316
		2259 (3497 — 6 × 206)
Moyenne de *r* : 118	Moyenne de *r* : 223	Moyenne de *r* : 229

Une frappante similitude existe entre les bandes que nous avons observées pour l'acide trifluoroacétique et celles analysées par M. Davies pour l'acide trichloroacétique, les raisons des progressions étant du même ordre de grandeur, 223 et 209 respectivement. En ce qui concerne l'acide trifluoroacétique lourd, l'analogie subsiste mais la raison 118 est près de moitié moindre. Enfin les résultats de l'étude de l'acide trichloroacétique lourd, en solution dans le tétrachlorure de carbone (4), nous ont permis de déterminer des maxima distants de 105 cm^{-1} dans la bande OD correspondant aux molécules associées, la forme de cette bande d'absorption étant analogue à celle obtenue pour l'acide trifluoroacétique lourd.

Indépendamment des travaux déjà cités, des essais d'analyse de bandes OH associées ont été publiés par Chulanoskii (5) pour les acides formique, acétique et trichloroacétique. Pour la position des sous-maxima de l'acide trichloroacétique, les auteurs russes ne sont pas d'accord avec Davies (3); par contre, nous avons pu reproduire les résultats de ce dernier.

Il ne nous semble pas possible cependant de retenir l'interprétation proposée par Davies (3) qui met en jeu des fréquences de combinaison entre la vibration de valence ν (OH) et la vibration lente des deux molécules associées dans le dimère ν (O...H). On voit mal une combinaison entre vibrations de molécules associées et vibrations de molécules libres.

Il nous paraît plutôt qu'une explication de la périodicité de la structure des

(4) Dr. G. M. Barrow, (communication privée).

(5) V. M. Chulanovskii et P. D. Simova, *Doklady Akad. Nauk* S. S. S. R., 68, 1949, p. 1033.

bandes OH et OD associées (périodicité qui, sans englober tous les sous-maxima, semble cependant définitivement établie dans les cas étudiés) soit à chercher dans le prolongement des hypothèses émises par Born ([6]) pour expliquer les taches diffuses observées par K. Lonsdale dans la diffraction des rayons X à travers les cristaux de glace. Différentes positions d'équilibre correspondant à différents niveaux d'énergie quantifiées seraient possible pour l'atome d'hydrogène, d'où la série régulière des maxima d'absorption. D'autre part, la masse atomique du deutérium étant double de celle de l'hydrogène, on comprendrait aussi pourquoi la raison de la progression pour les acides légers, fluoré et chloré, est environ le double de celle des acides lourds correspondants ($223/118 = 1,89$; $209/105 = 1,99$); on peut supposer en effet que les constantes de dissociation des dimères carboxyliques léger et lourd sont du même ordre de grandeur ([7]).

CHIMIE PHYSIQUE. — *Expériences sur la vitesse de diffusion d'une vapeur dans un gaz*. Note (*) de M. **Jean-Michel Dunoyer**, présentée par M. Gustave Ribaud.

L'étude de la diffusion d'un gaz dans un autre peut se faire théoriquement au moyen des équations de la théorie cinétique des gaz. Les formules sont assez simples lorsque la température est uniforme dans tout le volume considéré, le calcul devient extrêmement complexe si cette condition n'est pas remplie.

Ce genre de questions a pris une importance pratique avec le développement de la préparation industrielle de produits fragiles contenant des protéines, qui font intervenir la technique dite « lyophilisation », de séchage sous vide à basse ou très basse température.

La substance à sécher se trouve dans une enceinte où règne une basse pression de gaz résiduel, une partie des parois de l'enceinte étant portée à une température telle que la vapeur émise par la substance à sécher se condense sur cette partie de la paroi. Le problème se pose de savoir quelle est l'influence de la pression de gaz résiduel sur la vitesse de séchage du produit intéressant. Les expériences que nous décrivons répondent à cette question et donnent des indications d'une portée plus générale sur la vitesse de diffusion d'une vapeur dans un gaz lorsque la température n'est pas uniforme dans tout le volume de l'enceinte.

Considérons une ampoule, contenant la substance A à évaporer, plongée

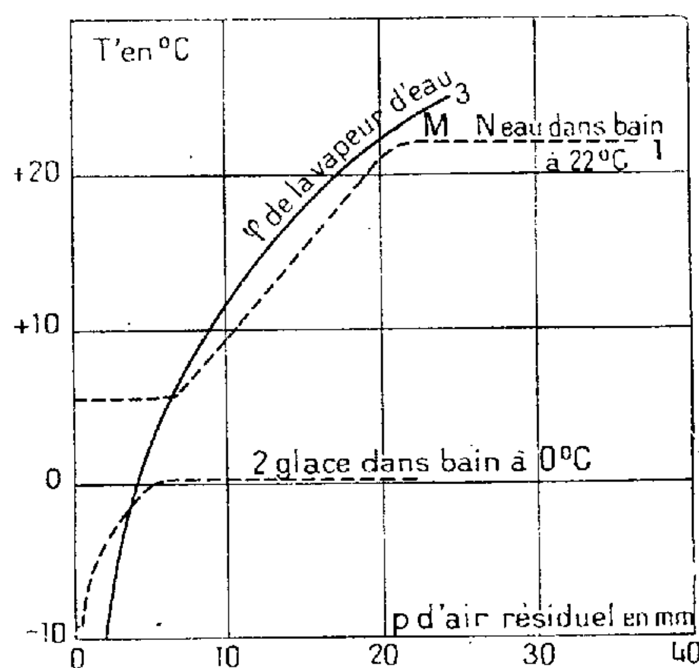
([6]) *J. Chim. Phys.*, 46, 1949, p. 434.

([7]) R. C. Herman et R. Hofstadter, *J. Chem. Phys.*, 6, 1938, p. 534.

(*) Séance du 27 octobre 1952.

dans un bain (réchauffeur) à une température constante T, cette ampoule est reliée par une courte canalisation à un vaisseau comprenant un condenseur à une température très basse (dans le cas d'évaporation d'eau $< -80^\circ$ C).

Supposons d'abord la canalisation parfaitement vidée d'air. La tension de vapeur de A à la température T étant appréciable, A s'évapore et la vapeur se condense sur les parois du condenseur. L'évaporation entraîne un abaissement de la température de A.



La théorie montre ([1]) et l'expérience vérifie que la masse de A tend très rapidement vers une température limite T′ ([2]) (T′ < T) fonction seulement de la nature de A, de la température T et d'un coefficient C, caractéristique de la canalisation. D'autre part, lorsque l'équilibre est atteint, si n est le nombre de molécules de A évaporées par seconde et λ la chaleur latente de vaporisation, on a

$$n\lambda = H(T - T'),$$

H étant fonction de la masse de A, de sa chaleur spécifique et du contact thermique entre le bain réchauffeur et la substance A. Pour un appareil et une masse A donnés, H est constant. On voit que T′ est fonction linéaire de n, soit, de la vitesse d'évaporation.

Supposons maintenant que la canalisation ne soit pas vide, mais qu'il y règne une pression p d'air résiduel. La diffusion des molécules de A vers le condenseur sera ralentie, l'évaporation de même, et, par suite, la température d'équilibre T′ sera plus élevée. Si l'on mesure T′ pour différentes

---

([1]) L. Dunoyer, *Le Vide*, nos 34-35, 1951, p. 1025; *Comptes rendus*, 232, 1951, p. 1080.

([2]) La vérification expérimentale des lois physiques de la lyophilisation, sera publiée dans un prochain numéro de la revue *Le Vide*. On verra que, dans le cas de la glace, la loi n'est pas absolument rigoureuse mais s'en approche suffisamment pour l'application qui en est faite ici.

valeurs de p, on suivra la variation relative de la vitesse d'évaporation, ou de la vitesse de diffusion des molécules A vers le condenseur, en fonction de p.

Expériences. — Dans l'appareil schématiquement décrit plus haut, nous avons étudié la vitesse d'évaporation : 1° de la glace, la température du réchauffeur $T = 0°C$; 2° de l'eau liquide, $T = 22°C$. La température d'équilibre T' était mesurée avec un petit couple thermoélectrique Cu-constantan introduit dans l'ampoule.

Les résultats sont reproduits sur la figure. La portion MN de la courbe 1 montre que tant que la pression p d'air résiduel est nettement supérieure à la tension de vapeur φ de l'eau à T°, (courbe 3), aucune évaporation ne se produit. En M, pour p voisin de φ, la vitesse d'évaporation s'accroît très rapidement, T' décroît. La vitesse d'évaporation devient pratiquement constante pour p de l'ordre du millimètre.

Dans le cas de la glace (courbe 2) le phénomène a la même allure, mais les valeurs de p et de T' sont changées.

Ces courbes montrent que pour $p > \varphi$, la diffusion des molécules d'eau dans l'air se fait extrêmement lentement, lorsque $p \approx \varphi$, la vitesse de diffusion s'accroît très rapidement, la vapeur d'eau pousse devant elle l'air résiduel.

Le résultat pratique de ces observations est que dans les appareils de lyophilisation, la pression limite des pompes utilisées n'a pas besoin d'être extrêmement basse, une bonne pompe à palettes suffit, sauf dans le cas exceptionnel où l'on veut sécher une substance à extrêmement basse température.

CHIMIE PHYSIQUE. — *Déterminations cryoscopiques précises relatives aux méta- et polyphosphates alcalins*. Note de MM. **André Boullé** et **Robert Jary**, présentée par M. Pierre Jolibois.

Les méta- et polyphosphates alcalins existent à des degrés de polymérisation différents, que l'on détermine en général par cryoscopie lorsqu'il existe un solvant convenable; tel n'est pas le cas de certaines variétés que l'on suppose fortement condensées. Or des auteurs ont émis des doutes sur la possibilité d'existence de polymères (monométa, diméta) (1) (2) décrits par ailleurs (3) (4) ou proposent pour les résultats relatifs à d'autres polymères (triméta) des interprétations différentes de celles généralement admises (5); aussi nous a-t-il paru utile d'effectuer de nouvelles déterminations cryoscopiques.

Remarquons d'abord que la cryoscopie effectuée dans l'eau ne conduit à des

(1) Thilo, *Zeit. f. anorg. Chem.*, 267, 1951, p. 65.
(2) Ebel, *Comptes rendus*, 234, 1952, p. 621 et 732.
(3) Rechid, *Thèse*, Paris, 1933, p. 13.
(4) Kantzer, *Thèse*, Paris, 1950, p. 50.
(5) Salih et Hisar, *Bull. Soc. Chim.*, 18, 1951, p. 806.

résultats valables que si l'on connait le degré de dissociation α du sel dissous; des mesures de conductibilité en donnent une valeur approchée : $\alpha = \lambda/\lambda_\infty$; or nous avons constaté qu'il est rarement possible de fixer par extrapolation la valeur de λ_∞. De plus, dans le cas de phosphates fortement polymérisés $(PO_3)_nM_n$, l'abaissement cryoscopique est provoqué par l'ion $(PO_3^-)_n$ et les n ions M^+ (en supposant l'ionisation totale) et la précision sur la valeur de n devient très faible. Néanmoins, les degrés 3 (triméta) et 4 (tétraméta) déterminés autrefois en solution aqueuse n'ont jamais été contestés même lorsque de nouveaux modes opératoires ont été utilisés. Nous faisons allusion ici à l'emploi préconisé par M. Darmois et ses élèves ([6]) d'hydrates salins $SO_4Na_2 10H_2O$ et de mélanges eutectiques SO_4Na_2-glace; l'addition d'un sel au solvant entraîne une variation respectivement du point de transition : 32°,38 et du point de fusion : — 1°,2. Pour les sels de sodium, l'abaissement est dû aux seuls ions $(PO_3^-)_n$ et aux molécules $(PO_3Na)_n$ non dissociées, l'ion Na^+ commun au sel et au sulfate n'intervenant pas dans le phénomène. Il est inutile ici de connaître le degré de dissociation et l'on peut alors déterminer n avec précision même lorsqu'il s'agit de polymères assez élevés à condition qu'ils soient solubles (cas du métaphosphate vitreux de Graham).

Quant aux mesures effectuées antérieurement à l'aide du sel de Glauber à 32°,3, deux objections sont à formuler. Tout d'abord, l'instabilité des méta- et polyphosphates en solution exige d'opérer à basse température pour limiter le retour vers le pyro- ou l'orthophosphate. De plus, l'intérêt de cette méthode disparaît lorsqu'on l'applique aux métaphosphates de potassium de Kurrol, insolubles dans l'eau, mais solubles dans le sel de Glauber. Dans ce cas, d'une part, les valeurs de n sont probablement élevées et, les ions K^+ intervenant, la précision des mesures est très diminuée; d'autre part, les calculs effectués supposent la dissociation totale faute de pouvoir la déterminer. Ces restrictions concernent en particulier la valeur $n = 8$ attribuée ([7]) à la variété I de sel de Kurrol (stable à $t \leqq 450°$).

Nous nous sommes inspirés pour nos mesures d'un montage déjà décrit ([8]) : enregistrement photographique de faibles variations de températures grâce à l'emploi de couples thermoélectriques à soudures multiples; les abaissements cryoscopiques sont mesurés à 1/1000° près. Après étalonnage l'appareil a servi à une première série de déterminations relatives aux ortho-, pyro-, méta- et polyphosphates de sodium. Pour le trimère et le tétramère, dont les structures cristallines et les formules de constitution sont connues, le degré de polymérisation est confirmé. Nous donnons en outre les résultats nouveaux relatifs au sel de Graham.

([6]) Darmois, *Comptes rendus*, **177**, 1923, p. 762.
([7]) Bonneman, *Thèse*, Paris, 1941, p. 75.
([8]) Darmois, Doucet et Rolin, *Bull. Soc. Chim.*, **16**, 1949, p. 68.

En général, on désigne sous ce nom l'ensemble des produits vitreux résultant de la trempe après fusion de l'orthophosphate PO_4H_2Na seul ou mélangé à l'orthophosphate PO_4HNa_2 ; dans ce dernier cas le rapport $P_2O_5/Na_2O \neq 1$.

D'une part, on sait que la déshydratation de l'orthophosphate PO_4H_2Na conduit à des mélanges de métaphosphates évoluant différemment suivant les conditions de chauffage ([9]); d'autre part, notre intention était d'étudier des corps définis pour lesquels $P_2O_5/Na_2O = 1$. Aussi avons-nous préféré utiliser comme produit de départ le trimétaphosphate $(PO_3Na)_3$ stable jusqu'à son point de fusion que nous pouvons préciser P.F. $= 630° \pm 2°$, alors que les points de fusion indiqués pour les sels de Graham de diverses origines s'échelonnent de 610° à 640°. Les échantillons suivants de métaphosphate vitreux ont été préparés par chauffage (dans l'or ou le platine) et trempe à : 650°, 5 m; 950°, 5 m; 1150°, 5 m et 2 h 1/4; 1300°, 2 h 1/4.

Pour tous ces produits le rapport $P_2O_5/Na_2O = 1$; ils se dissolvent facilement à 0° jusqu'à 25 g/l; les abaissements cryoscopiques sont alors assez importants pour être mesurés avec précision. Signalons que les solutions de sel de Graham à 0° sont stables, ainsi que le prouvent nos mesures de conductibilité en fonction du temps et aussi des essais de chromatographie sur papier publiés récemment ([2]).

Dans nos conditions de chauffage et de trempe, tous les produits semblent présenter le même degré moyen de polymérisation : $n = 40$, voisin de celui trouvé par Karbe et Jander ([10]) à l'aide de mesures de dialyse. Mais nous n'avons pas observé les variations de n en fonction de la température de trempe indiquées par ces auteurs ($n = 88$ à 1150°), même en reproduisant leur mode opératoire : écoulement rapide du liquide dans CCl_4 refroidi par la neige carbonique. De toutes manières, il est intéressant de noter l'accord entre les résultats obtenus par les deux méthodes.

CHIMIE PHYSIQUE. — *Mécanisme de l'action des solutions ionisées d'hydrogène sulfuré sur le fer et l'acier.* Note de MM. **Paul Bastien** et **Pierre Amiot**, présentée par M. Albert Portevin.

Des phénomènes de fragilité et de rupture ont été signalés, à diverses reprises, sur l'acier mis en contact suffisamment prolongé avec de l'hydrogène sulfuré; ils se rencontrent plus particulièrement dans l'industrie du pétrole (extraction et raffinage) et ont généralement été attribués à une corrosion du métal par le gaz.

Nous avons été conduits à étudier le problème tout d'abord sur des cas réels et ensuite à le reproduire et à l'analyser au laboratoire. Le processus

---

([9]) Boullé, *Thèse*, Paris, 1941, p. 29.
([10]) *Kolloïd. beihefte*, 1942, p. 60.

de propagation des fissures, génératrices de cassures ultérieures (fissures très fines, à propagation tantôt intercristalline, tantôt transcristalline) et leur localisation préférentielle dans les volumes de métal écroui ou sous contrainte mécanique, nous ont amenés, par analogie, à rechercher si le fer ou l'acier mis en contact avec une solution aqueuse d'hydrogène sulfuré absorbe de l'hydrogène et accuse la fragilité correspondante.

De l'hydrogène sulfuré, préparé avec de minutieuses précautions tendant à éviter qu'il ne soit souillé de traces d'acide chlorhydrique, servit à saturer de l'eau distillée. Des fils d'aciers extra-doux recuits ($C = 0,08$ à $0,10\ \%$) furent mis en contact avec cette solution et ensuite étudiés avec les résultats suivants :

Valeur moyenne initiale du nombre des pliages avant rupture : 20;
Valeur après 48 h de contact avec la solution : 8.

Si, après 48 h d'immersion dans la solution, les fils sont placés 15 jours dans du mercure sous un tube à gaz, un volume d'hydrogène de 12,4 $cm^3/100$ g est dégagé à 15°C et la valeur moyenne des pliages avant rupture remonte à 18. De même, par étuvage à 100° C, d'une durée de 1 h, les caractéristiques de pliage reprennent leur valeur initiale de 20.

Des expériences complémentaires en milieu gazeux ont montré que le même phénomène se produit par séjour de 48 h dans une atmosphère d'hydrogène sulfuré, saturée d'humidité, mais n'a pas lieu en atmosphère sèche.

On peut en conclure que le fer ou l'acier (à structure α) placé dans une solution aqueuse saturée de gaz H_2S, ou dans une atmosphère humide de ce même gaz, absorbe de l'hydrogène, avec apparition d'une fragilité, à caractère fugace, identique à celle que l'un de nous a précédemment étudiée par chargement du métal à l'aide d'une attaque en solution acide ou d'une électrolyse [1].

La nécessité de la présence d'eau pour l'apparition de la fragilité suggère un rôle de l'ionisation de H_2S dans ce milieu, les ions H^+ formés diffusant facilement dans le métal. En vue de vérifier ce point, nous avons mis en solution le gaz H_2S dans un liquide à pouvoir inducteur spécifique suffisamment inférieur à celui de l'eau ($K = 80$), pour qu'il n'y ait pas ionisation : effectivement, dans une solution saturée en H_2S de benzène cristallisable ($K = 2,3$), aucune fragilité du métal n'apparaît et corrélativement la formation de sulfure de fer qui a lieu dans une solution saturée aqueuse ne se produit pas.

En résumé, de nos essais on peut conclure que l'ionisation faible mais réelle de H_2S dans l'eau, joue un rôle essentiel dans les phénomènes de fragilité déclenchés par ce composé dans le fer et l'acier : les ions H^+ de

---

[1] P. Bastien, *Comptes rendus*, **208**, 1939, p. 105; **212**, 1941, p. 706; **220**, 1943, p. 820.

la solution pénètrent directement dans le réseau du fer d'où ils peuvent ségréger, avec apparition de fragilité, dans les défauts de la structure cristalline, sous l'influence de tensions internes suffisantes pour provoquer la mise en mouvement des dislocations ([2]). Corrélativement, les ions S^{--} viennent se décharger sur la surface du métal avec formation de sulfure FeS et déplacement de l'équilibre ionique dans la solution aqueuse, provoquant la formation de nouveaux ions H^{+}.

Il est à souligner que la formation de FeS est un phénomène de corrosion banal accompagnant la diffusion de l'hydrogène dans le réseau du fer : elle n'est pas la cause de la fragilisation du métal, qui est seulement due à la pénétration de l'hydrogène, ainsi qu'en témoignent le caractère provisoire de cette fragilité et sa disparition par départ spontané du gaz.

ÉLECTROCHIMIE. — *Sur l'existence d'une discontinuité de polarisation cathodique du platine dans l'électrolyse des solutions acides diluées.* Note de M. **Luc-Henry Collet** et M[lle] **Marie-Christine Pommier**, présentée par M. Eugène Darmois.

La complexité du phénomène d'électrolyse est telle qu'il n'est pas possible d'en faire deux expériences identiques. C'est ainsi que la force contre-électromotrice de polarisation des électrodes ne peut être déterminée avec quelque reproductibilité, que l'on s'adresse à la recherche du seuil d'électrolyse visible, au tracé des courbes tension-courant, ou encore à l'étude de la dépolarisation en court-circuit. Les meilleures méthodes sont celles qui utilisent la dépolarisation spontanée, par l'établissement des courbes $e = f(t)$ à l'oscillographe cathodique ou à l'électromètre, sauf, dans ce cas, pour les quelques secondes qui suivent la rupture du courant polarisant.

C'est cette dernière méthode que nous avons reprise, en y apportant quelques précautions dont la plus nouvelle consiste à limiter les phénomènes de diffusion en réduisant la durée de polarisation, autant qu'il est possible pour atteindre la saturation avec une densité de courant donnée. Le voltamètre peut être mis en communication, par le jeu d'un interrupteur-inverseur, soit avec une batterie d'accumulateurs (polarisation), soit avec un électromètre à quadrants (dépolarisation). Les électrodes, qui sont des fils de 5/10 de millimètre de diamètre et de quelques centimètres de longueur, sont polarisées, sous des tensions de quelques volts, pendant quelques secondes ou quelques minutes, selon que l'on étudie des solutions plus ou moins concentrées (par exemple : 2 V, 1 s pour 1 normale; 6 V, 1 m pour 10^{-3} N, etc.).

([2]) P. Bastien et P. Azou, *Comptes rendus*, **231**, 1950, p. 147; **232**, 1950, p. 69.

Nous avons étudié la dépolarisation du platine dans les solutions aqueuses d'acide chlorhydrique. Les courbes $e = f(t)$ ainsi obtenues (*fig.* 1) sont très reproductibles à la précision de l'électromètre (1 à 2 %). Elles présentent un *premier palier* dont l'ordonnée est indépendante, dans de larges limites, des conditions de l'expérience, mais dont la durée est fonction de la quantité d'électricité polarisante, un minimum étant nécessaire pour qu'il apparaisse. La f. é. m. diminue ensuite très rapidement, puis on observe un deuxième palier, plus long, mais moins net que le premier, avec une légère remontée avant la décroissance finale.

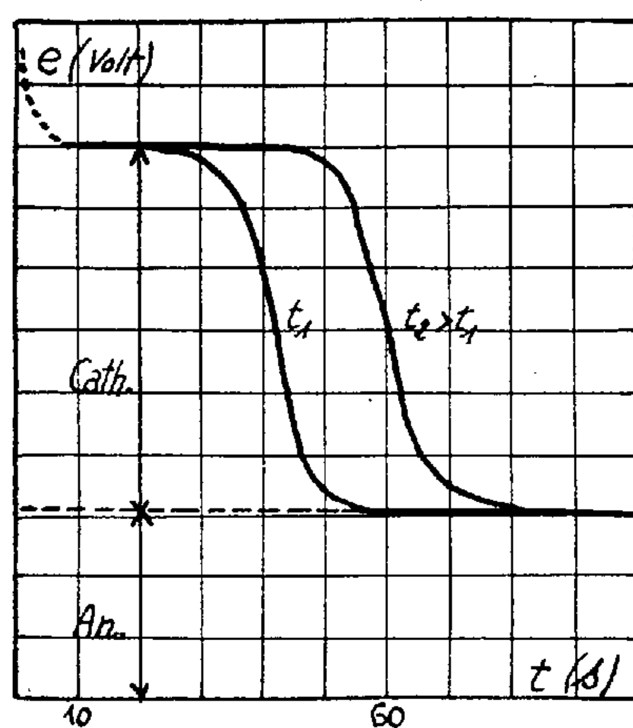


Fig. 1.

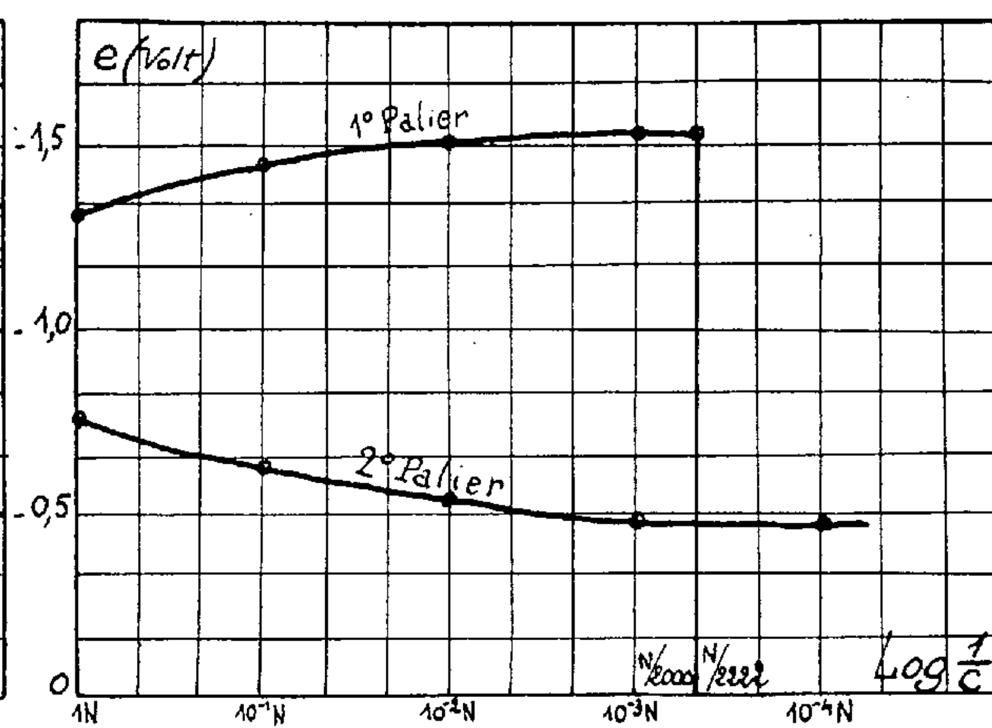


Fig. 2.

Cette existence d'un premier palier n'est pas propre à l'acide chlorhydrique, nous l'avons observé avec l'acide sulfurique. Pour d'autres métaux, au contraire, il n'apparaît pas (argent, cuivre, etc.); il semble, cependant, que l'on obtienne un équilibre avec le fer.

Si l'on étudie séparément le potentiel de la cathode et celui de l'anode par rapport à une électrode de référence, on constate que le premier palier est dû à la cathode qui reste donc, un certain temps, en équilibre électrique avec la solution, puis se dépolarise très rapidement. Le deuxième palier est relatif à l'anode dont la dépolarisation est continue et très lente.

Nous nous étions d'abord proposé d'étudier les variations en fonction de la concentration, de la f. é. m. de polarisation des électrodes. Celle-ci n'étant guère définissable, nous avons pensé qu'il serait intéressant de considérer la valeur plus reproductible du premier palier obtenu par la méthode précédente.

Nos expériences ont porté sur les solutions chlorhydriques depuis la normale jusqu'à 10^{-4} N et au delà. Les résultats sont donnés sur la figure 2. Les ordonnées des premiers paliers croissent, celles des seconds décroissent

et toutes deux tendent vers une limite (1,54 et 0,45 V respectivement) pour les grandes dilutions.

Ces recherches nous ont amenés à l'observation d'un phénomène extrêmement curieux : brusquement, entre les concentrations N/2 000 et N/2 222, il devient impossible d'obtenir le premier palier; on trouve, quand le spot est stabilisé (10 s environ), une f. é. m. bien plus faible (1,13 V) qui diminue aussitôt pour atteindre le deuxième palier, celui-ci ne présentant aucune discontinuité. Ceci signifie que l'*équilibre électrique qui peut exister entre le platine polarisé par l'hydrogène et la solution acide devient, tout à coup, impossible lorsque la concentration de celle-ci atteint la valeur* N/2 000.

L'existence même d'un équilibre n'impose pas une conception chimique de la polarisation (formation tout à fait hypothétique d'hydrures de platine) et s'interprète très bien en supposant que la couche superficielle d'hydrogène, responsable de la polarisation, est régénérée, au fur et à mesure de sa destruction par diffusion lors de la dépolarisation, par l'hydrogène occlu dans le platine. Nous n'avons pu donner encore une interprétation aussi satisfaisante de la disparition subite de cet équilibre.

CHIMIE THÉORIQUE. — *Sur la classification géométrique des liaisons chimiques. Définition géométrique des fonctions chimiques.* Note (*) de M. **Raymond Daudel**, présentée par M. Louis de Broglie.

Nous avons [1] proposé une classification des liaisons chimiques basée sur l'organisation des noyaux au voisinage de ceux qui constituent la liaison. Dans le cas des liaisons carbone-carbone, par exemple, au lieu de distinguer entre trois classes quantifiées de liaisons (simples, doubles ou triples) entre lesquelles se situent une multitude de liaisons partielles qui viennent remplir continûment les intervalles ainsi créés, nous distinguons six classes de liaisons notées

$$C_{4t}C_{4t};\quad C_{3p}C_{3p};\quad C_{2p}C_{2p};\quad C_{4t}C_{3p};\quad C_{4t}C_{2p};\quad C_{3p}C_{2p}.$$

Il est intéressant de voir dans quel intervalle varie pour chacune de ces classes les grandeurs caractéristiques de ces liaisons. D'après l'étude des déterminations expérimentales des distances interatomiques on est conduit au tableau ci-après.

Ce tableau montre que la distance médiane correspondant pour chaque classe de liaison au milieu de l'intervalle de variation de sa longueur, croît régulièrement avec la somme des ordres des voisinages des deux carbones constituant la liaison.

(*) Séance du 27 octobre 1952.

(1) *Comptes rendus*, 235, 1952, p. 50.

Distances en angströms.

Notation de la liaison.	Distance la plus fréquente.	Domaine de variation.	Valeur médiane.
$C_{2p}C_{2p}$	1,20	1,19 à 1,39	1,29
$C_{2p}C_{3p}$	1,43	1,42 à 1,46	1,44
$C_{2p}C_{4t}$	1,48	1,45 à 1,49	1,47
$C_{3p}C_{3p}$	1,40	1,32 à 1,60	1,46
$C_{3p}C_{4t}$	1,51	1,47 à 1,58	1,53
$C_{4t}C_{4t}$	1,54	1,51 à 1,60	1,56

Par contre la distance la plus fréquente dans chaque classe ne croît pas aussi régulièrement : la distance la plus fréquente relative à la classe 3-3 est, en effet, particulièrement courte. Notons enfin que le domaine de variation des distances est particulièrement étendu pour les classes 2-2 et 3-3 et atteint 0,3 Å alors qu'il n'arrive même pas à 0,1 Å pour les autres classes.

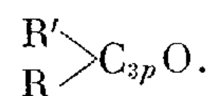
La notation géométrique spéciale proposée par Vroelant et Daudel ([2]) pour les liaisons $C_{3p}C_{3p}$ des hydrocarbures conjugués alternants permet de mettre en évidence une structure fine dans la classe considérée. L'observation des longueurs $C_{3p}C_{3p}$ mesurées ([3]) chez le pyrène, l'ovalène, le naphtalène et l'anthracène permet de définir les domaines de variation suivants :

Notation.	Longueur (Å).	Notation.	Longueur (Å).
(4, 4, 4, 4)	1,44 ±0,02	(3, 3, 4) ou (2, 2)	1,40 ±0,01
(2, 3, 4)	1,425±0,025	(2, 3)	1,375±0,02
(3, 3, 4, 4)	1,415±0,025	(3, 3)	1,37 ±0,025

Il semble donc clairement établi que la longueur d'une liaison dépend de l'organisation géométrique des noyaux au voisinage de ceux qui constituent la liaison dans le cas des molécules différenciées qui nous ont servi au cours de cette étude.

Nous avons effectué une étude similaire et trouvé des résultats comparables dans le cas des énergies de dissociation.

Notre notation géométrique peut naturellement servir à noter les fonctions. La fonction cétone, par exemple, contient un noyau de carbone entouré de trois noyaux voisins *coplanaires* et sera donc notée :



A cette organisation géométrique est liée l'organisation électronique et l'ensemble des propriétés.

([2]) *Bull. Soc. Chim.*, 16, 1949, p. 36, 217; *Voir* aussi CHALVET et coll., *J. Phys. Chem.*, 56, 1952, p. 365.

([3]) D'après J. M. ROBERTSON, 207 A, 1951, p. 101.

CHIMIE ANALYTIQUE. — *Méthode de dosage analytique de l'eau.* Note de
MM. **Jacques Aubry** et **Gilbert Monnier**, présentée par M. Louis Hackspill.

De petites quantités d'eau dissoutes dans de l'éther sont précipitées quantitativement sous forme d'hydrate défini par addition d'une solution saturée de bromure de lithium dans l'éther anhydre,

Les molécules d'eau se trouvant dans un échantillon peuvent être si diversement associées qu'il est de nombreux cas où la détermination de l'eau non combinée demeure délicate. De très nombreuses méthodes ont été mises au point. Les plus couramment employées sont celles qui font appel à une séparation par séchage, distillation ou absorption. Les méthodes basées sur une réaction chimique sont d'un emploi plus limité, exception faite toutefois de la méthode de Karl Fischer dont le réactif ramène la détermination analytique de l'eau à un dosage volumétrique ([1]).

Les difficultés que l'on rencontre dans la détermination de l'eau par voie chimique proviennent surtout du fait que l'on est obligé d'opérer en milieu non aqueux avec le plus souvent des réactifs solides qui réagissent incomplètement. Le réactif de Fischer, une solution d'iode, d'anhydride sulfureux, de pyridine dans le méthanol, permet de déterminer l'eau dans de très nombreux produits organiques et minéraux ([2]). La méthode que nous proposons s'inspire de la même idée, faire entrer l'eau dans une réaction chimique simple au moyen d'un réactif liquide. Alors que le bromure de lithium est très soluble dans l'éther anhydre (50 g/l), l'hydrate défini $BrLiH_2O$ qui seul se forme lorsqu'on mélange une solution homogène d'eau dans l'éther à une solution saturée en bromure de lithium dans l'éther est insoluble dans le milieu. Après isolement de ce bromure hydraté, la détermination analytique des ions Br^- permet de connaître la quantité d'eau ainsi précipitée.

En utilisant cette réaction il est possible de doser de petites quantités d'eau dans l'éther éthylique, l'éther de pétrole, l'huile de paraffine, le benzène, le toluène, le xylène, le chloroforme et le tétrachlorure de carbone.

Mode opératoire. — La solution saturée de bromure de lithium dans l'éther anhydre est préparée et stockée dans un ballon en communication avec une burette. Une pastille de verre fritté permet de filtrer le réactif au moment de l'emploi. La précipitation de l'eau sous forme d'hydrate est faite dans un ballon sur lequel on a soudé, sur la partie supérieure, en plus du rodage qui le relie à la burette, une pastille de verre fritté qui permet de filtrer et de laver par

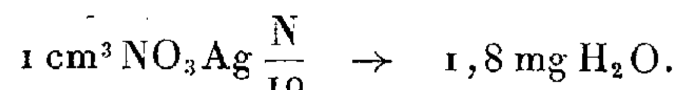
---

([1]) K. Fischer, *Angew. Chem.*, 48, 1935, p. 394-396.

([2]) J. Mitchell et D. M. Smith, *Aquametry*, 1948, Interscience Publishers, New-York.

surpression de gaz sec à l'abri de l'humidité atmosphérique. L'agitation est assurée magnétiquement.

L'eau à déterminer est préalablement dissoute dans une quantité suffisante d'éther anhydre puis précipitée avec agitation par addition goutte à goutte de la solution saturée de bromure de lithium. On s'arrête lorsque de nouvelles quantités de réactif n'amènent plus de précipitation. Le précipité est filtré sous pression d'air sec, lavé à l'éther anhydre et repris par l'eau. La détermination des ions Br^- de la solution ainsi obtenue nous permet de connaître la quantité d'eau cherchée :



$$1\ cm^3\ NO_3Ag\ \frac{N}{10} \rightarrow 1{,}8\ mg\ H_2O.$$

Pour la détermination de l'eau mélangée à des solvants autres que l'éther, il est indispensable de n'effectuer la précipitation de l'hydrate qu'après avoir obtenu par addition d'éther anhydre et par agitation, une solution ternaire eau-éther-solvant bien homogène.

Il est commode d'opérer sur des quantités d'eau comprises entre 50 et 100 mg, la précision obtenue est de l'ordre de 1 %. On peut néanmoins déterminer avec une bonne précision des quantités d'eau de l'ordre de 10 mg.

Le dosage de l'eau est possible également sur des corps solides, soit en extrayant l'eau à l'aide d'un solvant comme le xylène, soit en faisant agir directement le réactif. Mais dans ce cas on dose simultanément les molécules d'eau faiblement liées chimiquement comme l'eau de cristallisation des hydrates.

CHIMIE ORGANIQUE. — *Action des échangeurs d'anions sur les aldéhydes aliphatiques.* Note de MM. **Georges Durr** et **Pierre Mastagli**, présentée par M. Marcel Delépine.

Dans cette Note les auteurs montrent que les échangeurs d'anions sous leur forme basique crotonisent les aldéhydes aliphatiques.

On sait depuis longtemps que les aldéhydes aliphatiques se crotonisent pour aboutir à des molécules plus complexes. Perkin a notamment montré que cette condensation peut être réalisée en traitant l'œnanthol par une solution diluée de KOH alcoolique. On obtient de l'œnanthylidène-œnanthol



$$CH_3-(CH_2)_5-CH=C(C_5H_{11})-CHO$$

et, en faible proportion, du méthylal-6 *bis*-pentyl-8.10 heptadécatriène-6.8.10. Le KOH alcoolique joue le rôle de catalyseur de condensation [1].

Nous avons pensé qu'il serait possible de réaliser cette même condensation

---

[1] Perkin, *Ber. der chem. Gesells.*, 15, 1882, p. 2804.

à l'aide des échangeurs d'anions sous leur forme hydroxylée et en milieu non aqueux.

Les meilleurs résultats ont été obtenus en employant l'Amberlite IR-4B, résine de la famille des polyalkylènes-polyamines. Pour avoir cette résine sous sa forme basique, on la traite par une solution de NaOH (4 %) puis on lave jusqu'à pH voisin de 7 et sèche à l'étuve (60° C).

Nos essais ont été conduits de la façon suivante : Dans un ballon de Vigreux de 250 cm³ on introduit 100 g d'œnanthol et 5 g d'échangeur basique; un thermomètre plongeant dans le liquide indique la température de réaction du mélange; la tubulure latérale du ballon communique avec un récepteur refroidi à l'eau. La durée de chaque essai est de 1 heure. On laisse ensuite refroidir, sépare l'échangeur par filtration sous vide et fractionne le liquide.

Des essais réalisés à différentes températures nous ont montré que la température optima est voisine de 125° C (entre 120 et 130°). Au-dessous de 120° la réaction est lente, au-dessus de 130° l'échangeur devient pâteux et se dissout dans le mélange liquide; il est impossible de le filtrer avant le fractionnement.

Nous avons également vérifié : 1° que l'œnanthol seul, chauffé dans les mêmes conditions, reste inchangé : la condensation est donc bien due à la présence de l'échangeur; 2° que l'échangeur employé sous sa forme chlorée, et non sous sa forme hydroxylée, ne donnait aucun résultat : la partie active de l'échangeur est donc bien son groupement basique OH^-; les groupements-NH_2 sont sans action, ce qui semble indiquer que l'échangeur d'anions employé peut être assimilé comme force, à une base quaternaire organique.

Moyenne des résultats obtenus dans six essais.

Eau	4 cm³
Œnanthol non réagi	24 g
Œnanthylidène-œnanthol	37 g

Le résidu n'a pas été complètement identifié; par distillation il donne une proportion assez forte de méthylal-6 *bis*-pentyl-6.8 heptadécatriène-6.8.10 ($C_{28}H_{50}O$).

Il nous a paru intéressant aussi d'essayer l'emploi du même échangeur non régénéré ni lavé, pour des opérations successives. Pour chaque essai on a employé 100 g d'œnanthol; la quantité initiale d'échangeur était de 5 g.

Résultats.

	Essai I.	Essai II.	Essai III.
Eau	4 cm³	4 cm³	2,5 cm³
Œnanthol non réagi	27 g	40 g	55 g
Œnanthylidène-œnanthol	41 g	45 g	38 g

Le même échangeur peut donc servir pour plusieurs opérations successives. Cependant il se ramollit à l'usage, devient pâteux et par suite inutilisable.

Enfin nous avons essayé d'autres échangeurs d'anions sous leur forme basique et nous avons remarqué que plus ces échangeurs étaient résistants à la chaleur, moins ils étaient actifs comme catalyseurs de condensation.

Il semble donc possible de réaliser la crotonisation des aldéhydes à l'aide des échangeurs basiques; les résultats sont d'autant meilleurs que l'échangeur est plus sensible à la chaleur : il se gonfle, devient perméable, et la surface de contact augmente.

Nous nous proposons d'étendre cette étude à d'autres aldéhydes de la série aliphatique et des séries aromatique et hétérocyclique ainsi qu'à des condensations plus complexes, telles que celles des cétones entre elles ou des cétones avec les aldéhydes.

MÉTALLOGRAPHIE. — *Sur un réactif d'attaque révélant les hétérogénéités de concentration dans les alliages d'aluminium.* Note (*) de Mme **Charlotte Buckle**, Mlle **Christiane Changarnier** et M. **Jean Calvet**, transmise par M. Pierre Chevenard.

La mise en évidence des gradients de concentration dans les solutions solides hétérogènes à base d'aluminium est une préoccupation du métallurgiste. Nous avons trouvé qu'une solution aqueuse à 4 % de permanganate de potassium et à 2 % de soude donnait des résultats meilleurs que les solutions de soude, les mélanges d'acides et l'oxydation anodique utilisés jusqu'à présent (comparer les figures 1 et 2). De plus, son domaine d'application est presque général car il s'étend aux alliages Al-Mg, Al-Cu, Al-Si, Al-Mn, Al-Cr, et Al-Ti.

Le réactif, déjà appliqué à la métallographie des aciers à coupe rapide (¹), n'attaque presque pas les alliages d'aluminium et, d'une manière générale, ne corrode pas la surface et les joints des grains. Son action est due à la formation d'une mince couche d'un produit d'oxydation, dont l'épaisseur, et par conséquent la couleur d'interférence, varient d'une façon très sensible en fonction de la concentration de la solution solide. L'état physique de la surface a peu d'importance et la préparation des échantillons n'exige pas de très grandes précautions. Le polissage électrolytique donne les meilleurs résultats car la succession des couleurs est en général plus nette; mais un polissage de 3 mn sur feutre avec de l'alumine 24 h convient très bien; parfois même, un simple dégrossissage sur émeri ou à la lime est suffisant. En revanche, une grande propreté de l'échantillon et sa mise en contact rapide avec la solution étant absolument nécessaires, il faut laver soigneusement l'échantillon

(*) Séance du 27 octobre 1952.

(¹) E. C. Groesbeck, *Bur. Std. Sc. Paper*, n° 20, 1925, p. 518, 546.

à l'eau et à l'alcool puis, après séchage, le plonger rapidement dans le réactif en agitant constamment. Après 20 s à 3 mn, selon le cas, on lave et l'on fait sécher; on évite alors de toucher ou de frotter la surface, la couche formée étant en général très fragile.

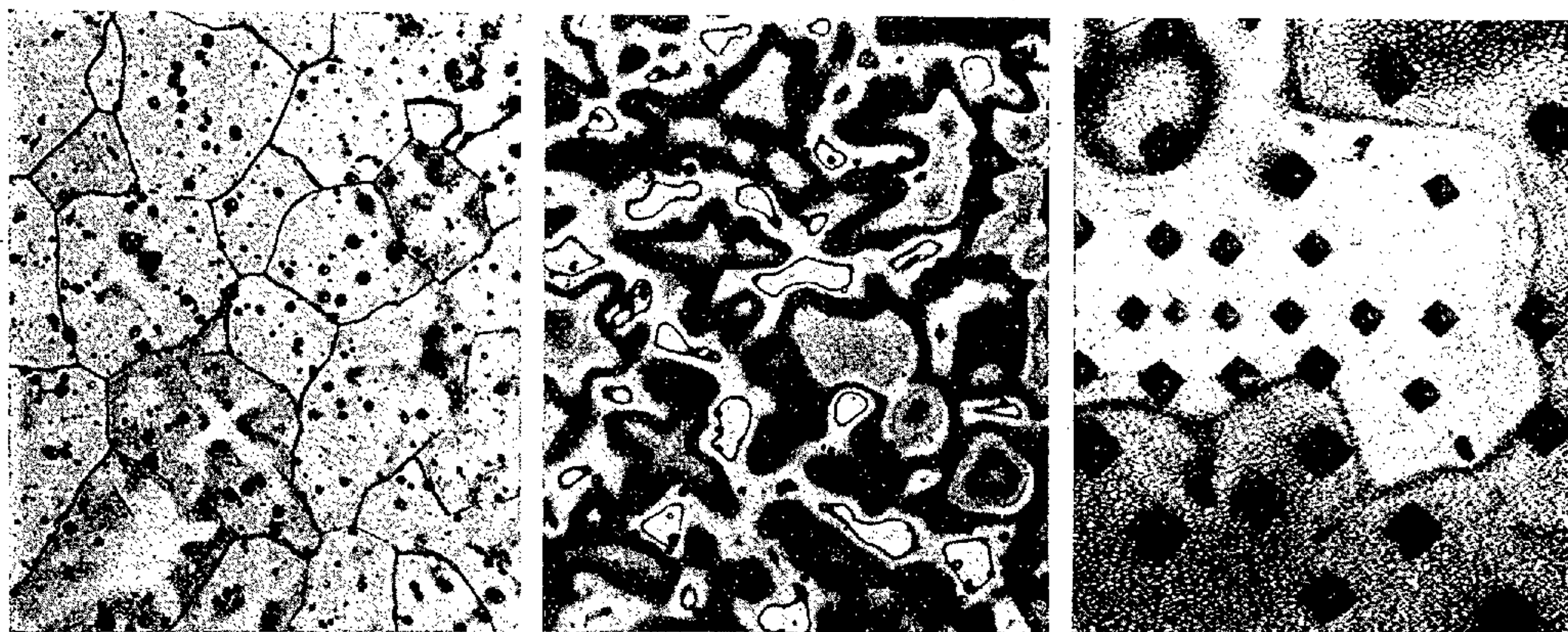


Fig. 1. — (× 75). Fig. 2. — (× 75). Fig. 3. — (× 300).

Fig. 1. — Alliage à 8 % Mg en cours d'homogénéisation. Attaque prolongée au réactif de Dix et Keller. — Fig. 2. Même échantillon attaqué au réactif au permanganate. Les zones les plus claires sont les régions de la solution solide les plus riches en Mg. — Fig. 3. Le changement de taille des microempreintes (charge constante 13,6 g) révèle la variation des teneurs en Mg correspondant à la succession des colorations.

Certains constituants sont colorés par l'action du réactif, par exemple Al_3Fe, Al_3Ni, Si; d'autres ne sont pas du tout modifiés, par exemple Al_3Mg_2, Al_2Cu, $SiMg_2$, Al_6Mn, Al_7Cr, Al_3Ti; les hétérogénéités de concentration sont révélées d'une façon extrêmement nette. Dans les alliages Al-Mg, par exemple, on constate que la phase Al_3Mg_2 reste blanche, les zones les plus concentrées en magnésium deviennent gris blanc, et la teinte passe en général du jaune clair au jaune rouge de plus en plus foncé quand on va vers les faibles concentrations (*fig.* 2). Les variations de la microdureté sont en accord avec les variations de concentration correspondant à la succession des couleurs (*fig.* 3).

L'action prolongée du réactif peut aussi mettre, en même temps, en évidence la texture cristalline par coloration des grains dans certains alliages, surtout dans les alliages Al-Cu. C'est un avantage pour l'examen des alliages techniques du type Duralumin où l'on a ainsi, sur une même préparation, une vue d'ensemble des cristaux de la solution solide et des constituants qui y sont inclus bien meilleure que par l'emploi du réactif de Dix et Keller. Enfin, l'emploi du réactif au permanganate est avantageux pour révéler la variation de concentration dans les zones de diffusion et en particulier dans les couches de placage.

MAGNÉTISME TERRESTRE. — *Sur la susceptibilité magnétique du sol.* Note de M. **Eugène Le Borgne**, présentée par M. Charles Maurain.

Premiers résultats d'une étude magnétique de sols bretons. La susceptibilité de la couche superficielle est, en général, nettement supérieure à celle des roches sous-jacentes : la susceptibilité massique, qui est de l'ordre de 10^{-5} u. e. m. pour les schistes et les granites examinés, est de l'ordre de 10^{-4} u. e. m. et atteint parfois 10^{-3} u. e. m. pour la couche superficielle.

Au cours d'une étude sur les anomalies magnétiques de la Bretagne centrale [1] j'avais observé que la terre de surface était souvent fortement magnétique. Ayant procédé à une récolte systématique d'échantillons, j'ai mesuré d'abord leur susceptibilité, ce qui m'a donné les premiers résultats qui suivent. Les échantillons recueillis (9 échantillons de granite, 11 échantillons de schiste et près de 300 échantillons de sol) proviennent pour la plupart d'une zone couvrant une surface carrée d'environ 50 km de côté autour de Pontivy. Une trentaine d'échantillons ont été prélevés à l'Ouest de cette zone dans la région comprise entre Quimper et Quimperlé. Les mesures de susceptibilité ont été effectuées avec l'appareil à induction de M. Thellier [2], à l'Observatoire du Parc Saint-Maur. Elles portent sur une masse de 200 g séchée à l'air et tamisée, pour les sols, et sur une masse voisine de 200 g pour les roches compactes.

Les échantillons de schiste présentent une susceptibilité massique comprise entre 8 et 18.10^{-6} u. e. m. et les échantillons de granite une susceptibilité massique comprise entre 5 et 14.10^{-6} u. e. m., résultats en accord avec les valeurs généralement observées pour les roches sédimentaires et cristallines acides. En ce qui concerne les sols, les mesures montrent que la susceptibilité varie avec le lieu et la profondeur du prélèvement. Pour étudier la variation de la susceptibilité de la couche superficielle, des prélèvements de 20 cm d'épaisseur ont été effectués en des stations distantes d'environ 1 km disposées suivant un certain nombre d'itinéraires. Les susceptibilités des échantillons recueillis se présentent de la manière suivante : itinéraire Pontivy-Pluméliau-Locminé, susceptibilité massique des échantillons successifs (évaluée en 10^{-6} u. e. m.) : 156, 134, 98, 446, 79, 157, 410, 350, 21, 487, 226, 601, 582, 1685, 723, 460, 798, 722, 210, 58, 64.

Si la susceptibilité de la couche superficielle du sol varie d'une station à l'autre, les valeurs observées sont, dans l'ensemble, nettement supé-

---

(1) *Comptes rendus*, **231**, 1950, p. 584 et **233**, 1951, p. 82.

(2) *Thèse Fac. Sciences*, Paris, 1938.

rieures à celles que l'on trouve pour les roches compactes, voisines de la surface, rencontrées sur le même itinéraire.

Lorsque l'on reporte les lieux de prélèvement sur une carte géologique, on constate que la susceptibilité de la couche superficielle du sol est, en moyenne, plus grande au-dessus des schistes qu'au-dessus des granites : pour 108 prélèvements effectués au-dessus des schistes briovériens, on trouve une valeur moyenne $\chi = 330.10^{-6}$ u. e. m., tandis qu'au-dessus des granites, 28 prélèvements donnent une valeur moyenne $\chi = 83.10^{-6}$ u. e. m.

Des carrières ouvertes ou des travaux de terrassement m'ont permis d'étudier, dans une douzaine de cas, la variation de la susceptibilité du sol avec la profondeur du prélèvement. J'ai toujours constaté que la couche supérieure, d'une épaisseur inférieure à 30 cm, présente la susceptibilité maxima. En général, la susceptibilité diminue brutalement quand on passe de cette couche superficielle aux couches inférieures comme le montre la série de prélèvements suivante :

Profondeur (cm)........	0–20	20–40	40–60	60–80	80–100	100–120	120–140
χ (10^{-6} u. e. m.)........	612	36	28	26	19	14	14

Quelques mesures effectuées sur des échantillons provenant d'autres régions de France permettent de penser que, d'une manière générale, la couche superficielle du sol présente une susceptibilité appréciable, supérieure à celle des roches peu magnétiques qu'elle recouvre.

BIOCHIMIE VÉGÉTALE. — *Sur la présence d'acide citrique dans les Algues marines.* Note de M. **Paul Creac'h**, transmise par M. Pierre Dangeard.

L'acide citrique a déjà été caractérisé dans divers tissus de nombreux végétaux : on le trouve non seulement dans les feuilles (choux, salades, épinards), les tubercules (pomme de terre), les racines (carotte) et les fruits des Phanérogames, mais encore dans les Cryptogames (psalliote, citromycès, levures) et chez diverses bactéries.

Kylin (1) ayant recherché l'acide citrique dans une seule algue, *Desmarestia viridis*, l'y décela au taux de 0,22 % du poids sec.

S'agissait-il d'un cas particulier en relation avec un pH vacuolaire exceptionnellement bas (pH 0,78 à 1,8) ou d'un fait constant chez les Algues?

Afin d'élucider ce problème nous avons analysé une quarantaine d'algues selon la technique suivante :

Sitôt après la récolte, les exemplaires sont rapidement rincés, essorés, pesés (prise d'essai de 30 g et prélèvement d'une partie aliquote pour déterminer le

(1) *Förh. Kgl. Fysiograf. Sällsk. i Lund.*, **14**, 1944, p. 1-13.

poids sec), puis placés dans un flacon B. E. contenant 100 cm^3 de HCl 2,5 N et 2 g d'acide trichloracétique. Ils peuvent ainsi, sans inconvénient, séjourner quelque temps à la température du laboratoire. Le contenu des flacons est alors homogénéisé et le volume complété à 250 cm^3 avec de l'eau distillée. Le dosage de l'acide citrique s'effectue en double sur 100 cm^3 de liquide après centrifugation.

On pratique une première neutralisation avec AmOH au 1/4 en présence de papier de tournesol. Le précipité éventuellement formé est éliminé car il ne contient pas d'acide citrique. On ajoute ensuite deux gouttes de phénol phtaléine et AmOH jusqu'à coloration nettement rose (pH 9); on suit alors la méthode de Peynaud ([2]) : l'acide citrique est précipité par $BaCl_2$ en milieu hydro-alcoolique; le précipité est lavé, acidifié par H_2SO_4, et le milieu ramené à pH 3,2 à l'aide d'un tampon. L'ensemble est soumis à une oxydation permanganique ménagée à la température de l'ébullition; l'acétone formé est purifié, redistillé et dosé par iodométrie au moyen de solutions N/100. Deux équivalents d'iode consommés correspondent à un équivalent d'acide citrique.

L'analyse des algues calcaires a nécessité une adaptation de cette technique. Après broyage et séchage, une prise d'essai de 6 g est dissoute dans HCl 2,5 N. La fraction insoluble est éliminée et le dosage de l'acide citrique commence par l'oxydation directe de ce liquide tamponné à pH 3,2; le reste des opérations s'effectue comme il est indiqué ci-dessus.

Voir dans le tableau suivant, quelques-uns de nos résultats exprimés en milligrammes d'acide citrique pour 100 g de tissu sec.

De nos résultats on peut conclure :

1° La présence d'acide citrique a été notée dans l'ensemble des algues marines étudiées, à des taux variant de 6 à 145 mg pour 100 g de tissu sec chez les Chlorophycées, de 24 à 747 mg chez les Rhodophycées et de 20 à 1470 mg chez les Phéophycées.

2° Les taux les plus élevés ont été rencontrés chez les Phéophycées et, en particulier, chez les Fucacées.

3° Les différents tissus d'une même algue n'ont pas la même teneur en acide citrique.

4° Un polymorphisme du thalle correspond également à des variations du pourcentage en acide citrique.

5° Les tissus jeunes sont moins riches que ceux des algues arrivées à maturité.

6° Nous n'avons enregistré aucune relation d'une part entre le pH des tissus frais, leur teneur en cendres, l'alcalinité des cendres et, d'autre part, leur pourcentage en acide citrique.

([2]) *Ann. Chim. Anal.*, 28, 1946, p. 127-135.

7° Enfin, l'acide malique actuellement à l'étude paraît être, lui aussi, un constituant normal des tissus des algues.

Chlorophycées.

Ulva Lactuca (L) Le Jol	55	*Codium tomentosum* Stack	6
Enteromorpha compressa (L.) Grev	145	*Codium adhaerens* (Cabr.) Agar	130

Phéophycées.

Halopteris scoparia (L.) Sauv	34	*Desmarestia ligulata* Lamx	179
Himanthalia elongata (L.) Setch. :		*Fucus platycarpus* Thur	1470
Thalle jeune sans réceptacles	1094	*Fucus vesiculosus* ♀ L	883
Réceptacles immatures	777	*Fucus serratus* ♂ L	1298
Laminaria saccharina Lamx. :		*Ascophyllum nodosum* (L.) Le Jol	934
Stipe	52	*Pelvetia canaliculata* Dec. et Thur	570
Fronde	102	*Halydris siliquosa* Lyngb	59
Laminaria digitata (L.) Lamx. :		*Cystoseira ericoides* Agar. forme jeune	20
Stipe	137	*Cystoseira fibrosa* Agar. fructifié	1094
Fronde	431	*Dictyota dichotoma* Lamx	78
Saccorhiza bulbosa de la Pyl. :			
Stipe	133		
Fronde	74		

Rhodophycées.

Gelidium attenuatum Thur. :		*Chondrus crispus* Stack. :	
Forme jeune	273	Forme à thalle étroit	107
Avec tétraspores	597	Forme à thalle étalé	251
Gelidium latifolium Thur. et Born	178	*Gigartina mamillosa* Agar	747
Gelidium sesquipedale Thur. :		*Rhodymenia palmata* Grev. forme jeune.	64
♀ à maturité	569	*Plocamium coccineum* Lyngb. :	
Sans appareil de reproduction	371	Avec tétraspores	62
Lithothamnium calcareum Pall	28	♀ à maturité	80
Tenarea tortuosa Esper	24	*Halopytis incurvus* (Hud.) Batt	125
Corallina officinalis L	58	*Laurencia pinnatifida* Lamx. forme jeune.	39
Jania rubens (L.) Lamx	59		

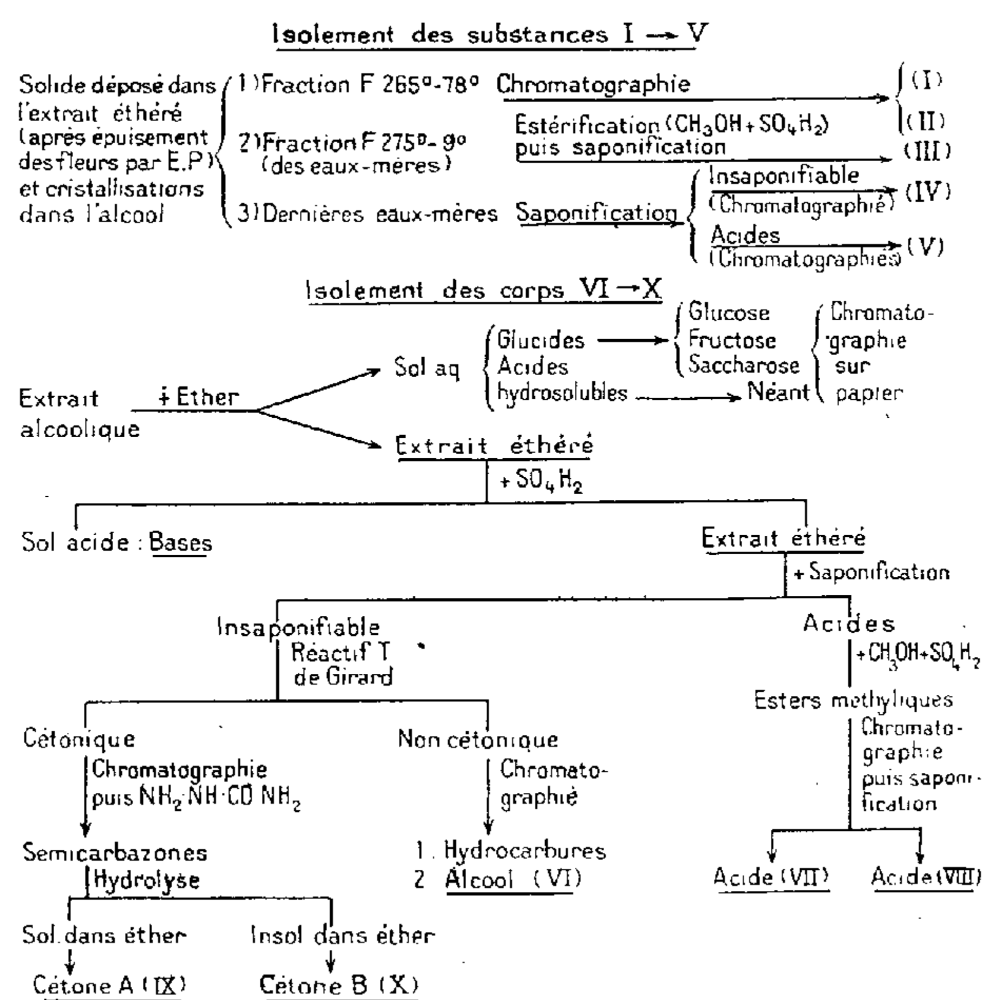
CHIMIE VÉGÉTALE. — *Recherches sur quelques constituants des fleurs de* Forsythia. Note (*) de MM. **Antoine Sosa** et **Victor Plouvier**, présentée par M. Marcel Delépine.

Nous avons isolé des fleurs de *Forsythia* 10 substances cristallisées, incolores : *composés aliphatiques* (alcool $C_{21}H_{44}O$, acide $C_{20}H_{38}O_2$); *stéroïdes :* alcools tri et pentaoxygénés ($C_{26}H_{40}O_3$ et $C_{27}H_{46}O_5$), acides-alcools-trioxygénés ($C_{26}H_{42}O_3$ et $C_{27}H_{44}O_3$), deux cétones A et B; acides-alcools *triterpéniques*, etc., $C_{30}H_{48}O_4$ et $C_{36}H_{58}O_4$ dont le dernier est le constituant prépondérant. Le glucose, le fructose et le saccharose ont été identifiés.

(*) Séance du 27 octobre 1952.

L'étude de la composition chimique des fleurs de *Forsythia* est assez récente [1].

Jusqu'à présent les auteurs s'étaient surtout attachés à l'étude des constituants pigmentés. Néanmoins lors de nos premières recherches nous avons remarqué l'existence chez les fleurs de *Forsythia intermedia Zab.* de nombreux composés incolores dont les propriétés et le mode de préparation (*voir* schémas) vont être ici succinctement indiqués (le détail paraîtra dans un prochain mémoire). D'autre part la microchromatographie de partage sur papier nous a révélé le *glucose*, le *fructose* et le *saccharose* mais pas d'acides hydrosolubles libres (non volatils).



Parmi les dix corps que nous avons isolés (*voir* figure), deux ont été trouvés et séparés à l'état libre par chromatographie sur O_3Al_2 (I) et (II), alors que les autres ont été obtenus après saponification, traitement avec le réactif T de Girard et Sandulesco, etc. Le constituant prépondérant est l'acide-alcool non saturé à réaction de Noller positive (I) (*voir* plus loin). Celui-ci est éluable de l'alumine avant l'alcool stérolique pentaoxygéné (II) qui l'accompagne : F 314°, $C_{27}H_{46}O_5$.

De la fraction cétonique brute nous avons obtenu par chromatographie, transformation en semicarbazones, hydrolyse, fractionnement par l'éther et cristallisations, deux cétones stéroliques : (A) soluble (F 254°) (IX), (B) insoluble (F 312°) (X).

---

[1] A. Sosa et V. Plouvier, *Bull. Soc. Chim. Biol.*, 30, 1948, p. 266; V. Plouvier et A. Sosa, *ibid.*, p. 273; Kuhn et Löw, 1949; Moewus, 1950.

De l'insaponifiable non cétonique chromatographié nous avons obtenu : 1° des hydrocarbures (F 40-49°); 2° un alcool aliphatique saturé, F 75°, $C_{24}H_{43}(OH)$ (VI). 3° un alcool stérolique trioxygéné, F 316°, $C_{26}H_{40}O_3$(IV). Les substances (IV) et (II) donnent la réaction de Liebermann, mais celle du chlorure de thionyle est seulement donnée par le composé trioxygéné (IV). IV et II sont tous deux fortement retenus par l'alumine.

Quant aux acides insolubles dans l'eau isolés, nous pouvons les classer en trois groupes : 1° un acide aliphatique saturé, F 76°, $C_{19}H_{37(39)}$—CO_2H(VII); 2° deux acides-alcools stéroïdiques trioxygénés, non saturés : F 315°, $C_{25}H_{40}(OH)$—CO_2H(VIII); F 279°, $C_{26}H_{42}(OH)$—CO_2H (III); 3° deux acides-alcools tétraoxygénés : (V) triterpénique, F 301°, $C_{29}H_{44}O(OH)$—CO_2H; (I) F 289°; $[\alpha]_D^{18}$ +63°,4, $C_{35}H_{56}O(OH)$—CO_2H, non saturé et à réaction de Noller positive. Ce dernier corps présente quelques analogies avec l'acide ursolique ($C_{30}H_{48}O_3$) mais s'en différencie : 1° par la plus grande insolubilité de (I); 2° par l'abaissement produit dans le point de fusion du mélange.

Le rendement obtenu est très faible pour les substances (VI), (IV), (II), (VII), (V), et surtout pour les cétones A (IX) et B(X).

On ignore le rôle physiologique de tous ces constituants dont l'étude sera poursuivie dans la mesure des quantités obtenues.

COMPOSÉS ISOLÉS ET ANALYSE (%, MOYENNES). — A. *Alcools aliphatique et stéroïdiques* : $C_{24}H_{44}O$(VI) : F 75°; C 80,81; H 14,16; P. M. 338; calculé, C 80,69, H 14,19; P. M. 312,56. Acétate, F 56°.

$C_{26}H_{40}O_3$(IV) : F 316°. C 77,67; H 10,06; calculé, C 77,95; H 10,07; P. M. 400,58. Acétate, F 272°.

$C_{27}H_{46}O_5$(II) : F 314°. C 72,05; H 10,18; calculé, C 71,96; H 10,29; P. M. 450,65. Acétate, F 178°.

B. *Acide aliphatique et acides-alcools stéroliques et triterpéniques* : $C_{20}H_{38}O_2$(VII) : F 76°. C 77,65; H 12,17; P. M. 312; calculé, C 77,36; H 12,34; P. M. 310,50. Ester méthylique, F 62°. Sel de Na, F 234°.

$C_{26}H_{42}O_3$(VIII) : F 315°. C 77,47; H 10,64; P. M. 403; Calculé, C 77,56; H 10,52; P. M. 402,59. Sel de Na, F 325°.

$C_{27}H_{44}O_3$(III) : F 279°. C 77,90; H 10,54; P. M. 464; Calculé, C 77,83; H 10,64; P. M. 416,62. Acétate, F 291°. Sel de Na, F 310°(déc.).

$C_{30}H_{46}O_4$(V) : F 301°. C 76,70; H 9,94; calculé, C 76,55; H 9,85; P. M. 470,66. Acétate, F 273°.

$C_{36}H_{58}O_4$(I) : F 289°. $[\alpha]_D^{18}$ + 63,4°; $[\alpha]_V^{18}$ + 73,3° (pyr.). Très peu soluble dans les solvants organiques sauf dans la pyridine. C 77,97; H 10,43; P. M. 514; calculé, C 77,93; H 10,54; P. M. 554,82. Sel de Na : F 280°. Monoacétate : F 299°. C 76,66; H 9,85; calculé C 76,46; H 10,13.

PÉDOLOGIE. — *Action comparée du 2-méthyl 4-chlorophénoxyacétate de sodium (M. C. P. A.) sur le développement de l'*Azotobacter *dans divers sols.* Note de Mlle **Georgette Vindard**, MM. **Philippe Daste** et **Robert Longchamp**, présentée par M. Roger Heim.

Aux doses habituelles de la pratique agricole, l'action du M. C. P. A. sur le développement de l'*Azotobacter* a manifesté de larges variations, suivant la nature des sols.

Depuis quelques années, l'usage d'hétéroauxines désherbantes est entré dans la pratique agricole courante. L'utilisation de ces produits a déjà fait l'objet d'études nombreuses en ce qui concerne les réactions qu'ils provoquent chez les végétaux cultivés. En revanche, leur action sur les microorganismes du sol capables de fixer l'azote et d'en assurer l'assimilation par les plantes ne semble pas avoir été étudiée de façon systématique.

Nous avons été amenés, au cours du printemps 1952, à effectuer des titrages d'*Azotobacter* dans les sols de deux champs d'expérience traités par la M. C. P. A. (sel de sodium de l'acide 2-méthyl 4-chlorophénoxyacétique) à la dose de 2 kg/ha. Dans les deux champs, certaines parcelles reçurent le désherbant sous forme liquide en pulvérisation, tandis que d'autres furent saupoudrées avec le produit solide. Des parcelles non traitées servirent de témoins.

Les deux séries d'expériences ont été réalisées simultanément à quelques kilomètres l'une de l'autre (Rethel et Avançon), afin que les conditions climatiques soient identiques dans les deux cas. Seules différaient les compositions physicochimiques de ces deux sols : un dosage gravimétrique du calcium (CaO) a donné, par exemple, 26 g à Avançon et 42 g à Rethel pour 100 g de terre sèche.

Trois semaines après le traitement, l'évaluation de la teneur des sols en *Azotobacter* fut pratiquée par la « méthode des grains », consistant à ensemencer des plaques de silico-gel à la mannite (1) avec 50 grains de terre, puis à dénombrer ceux donnant lieu à une colonie d'*Azotobacter*. Les résultats, rapportés à 100 grains, ont été consignés dans la figure ci-dessous.

Dans l'essai réalisé à Rethel, le M. C. P. A., tant en poudrage qu'en pulvérisation, a été sans influence sur la teneur du sol en *Azotobacter*. Une étude statistique indique que les très légères différences enregistrées ne sont pas significatives.

A Avançon, au contraire, le M. C. P. A., utilisé sous forme solide, n'a manifesté aucune action; on constate, par contre, une très forte dimi-

(1) Ph. Daste et R. Heller, *Rev. Gén. Bot.*, 58, 1951, p. 393-412.

nution de la teneur du sol en *Azotobacter* dans la parcelle traitée par pulvérisation. Cette diminution est de l'ordre de 30 %.

Ainsi, utilisé aux mêmes doses, ce même produit peut être sans action sur l'*Azotobacter* dans certains cas et, dans d'autres, manifester des influences fortement inhibitrices.

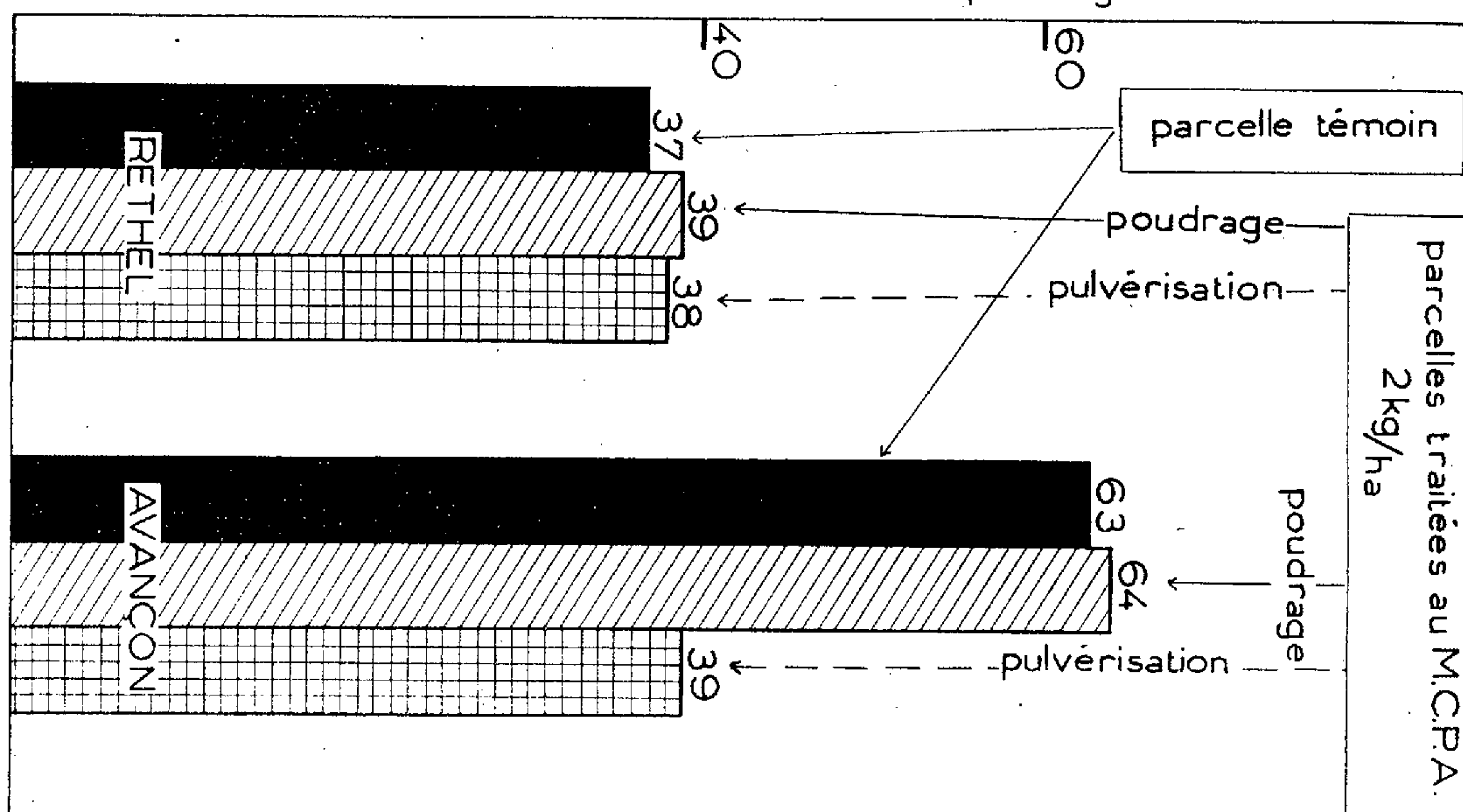


Diagramme résumant l'action comparée du M. C. P. A. en pulvérisation et en poudrage, sur l'*Azotobacter* dans deux sols différents.

L'action variable du M. C. P. A. sur l'*Azotobacter* suggère plusieurs hypothèses : soit qu'il existe des races d'*Azotobacter* manifestant une sensibilité plus ou moins grande vis-à-vis de ce produit, soit que la constitution physicochimique du sol modifie l'action de l'herbicide (ne serait-ce que par une fixation de ce dernier par les colloïdes humiques), soit, enfin, que la microflore locale constitue un facteur de perturbation, en détruisant le désherbant. Audus a montré, par exemple, que *Bacterium globiforme* peut métaboliser le 2.4 D (²).

Il n'en reste pas moins vrai que, vis-à-vis du M. C. P. A., la sensibilité du « sol considéré comme un organisme vivant » (Pochon et Tchan), présente de larges variations qu'il serait intéressant d'étudier systématiquement. Une telle étude pourrait apporter au surplus des éclaircissements sur d'autres variations, également de grande amplitude, manifestées par certaines Céréales à l'égard des désherbants (³).

(²) L. J. Audus, *Nature* (London), 1950, p. 166-356.

(³) Gautheret, Longchamp et Roy, *Comptes rendus*, **228**, 1949, p. 861; **232**, 1951, p. 111.

HISTOPHYSIOLOGIE. — *Sur le rôle des odontoblastes dans l'élaboration des dents radulaires.* Note (*) de MM. **Manfred Gabe** et **Marcel Prenant**, présentée par M. Louis Fage.

L'étude cytologique et histochimique de la gaine radulaire des Mollusques montre que les odontoblastes forment les dents radulaires par un processus de sécrétion et non par chitinisation superficielle.

La formation des dents radulaires a donné lieu à de nombreuses discussions. Certains auteurs [Trinchese (1), Rücker (2), Bloch (3), Rottmann (4), Schnabel (5), Sollas (6), Pruvot-Fol (7)] admettent la « chitinisation » superficielle des odontoblastes et leur renouvellement périodique. Pour d'autres [Rössler (8), Beck (9), Prenant (10)] la formation des dents serait due à la sécrétion, par les odontoblastes, d'une substance fondamentale qui diffuserait hors des cellules; les odontoblastes seraient des éléments permanents.

Des recherches sur la gaine radulaire des Mollusques, qui portent, à l'heure actuelle, sur 100 espèces environ, nous ont permis de rassembler un certain nombre d'arguments en faveur de la seconde hypothèse.

Certaines constatations négatives, que nous avons pu faire, ne sont pas en accord avec la première conception.

Nous n'avons pu saisir la moindre traduction morphologique de la prétendue « chitinisation ». Les odontoblastes hauts et étroits, comme les « odontophytes », apparaissent avec des limites parfaitement nettes; la question de leur nature syncytiale ne saurait être posée et il n'existe aucun signe de dégénérescence nucléaire ou cytoplasmique. Aucune affinité tinctoriale des cytoplasmes n'autorise l'hypothèse d'une chitinisation diffuse; les noyaux sont toujours parfaitement délimités et nous n'avons jamais vu d'entraînement de « substance granulaire nucléaire » [Pruvot-Fol (7)] hors du noyau.

(*) Séance du 27 octobre 1952.

(1) *Anatomia e fisiologia della Spurilla neapolitana*, Bologna, 1878.

(2) *Ber. Ges. Natur. u. Heilk., Giessen*, 22, 1883, p. 207.

(3) *Jenaische Z. Naturw.*, 31, 1896, p. 350.

(4) *Z. Wiss. Zoologie*, 70, 1902, p. 236.

(5) *Z. Wiss. Zoologie*, 74, 1903, p. 616.

(6) *Quart. J. micr. Sci.*, 51, 1907, p. 115.

(7) *Arch. Zool. exp. gén.*, 65, 1926, p. 209.

(8) *Z. Wiss. Zoologie*, 41, 1885, p. 447.

(9) *Jenaische Z. Naturw.*, 48, 1912, p. 41.

(10) *Bull. Soc. Zool. France*, 1926, p. 492.

L'hypothèse de la chitinisation des odontoblastes entraîne évidemment celle de leur renouvellement. Or, nous n'en avons jamais vu d'indice. Même chez les Mollusques à odontoblastes hauts et étroits, les techniques cytologiques montrent toujours des différences très nettes entre le coussinet d'odontoblastes et la région de transition vers l'épithélium supérieur, région interprétée par certains auteurs comme zone d'odontoblastes en voie de différenciation. Quant aux « odontophytes » des Pulmonés et des Opisthobranches, l'étude de plusieurs centaines de pièces ne nous a montré aucune image ni d'hypertrophie cellulaire, ni de fusion des petites cellules du fond de la gaine, ni de fragmentation de l'« odontophyte » situé au contact de l'épithélium inférieur.

Les traductions morphologiques d'une activité sécrétoire des odontoblastes sont, au contraire, faciles à mettre en évidence.

Même les méthodes topographiques montrent, surtout dans les grands odontoblastes (« odontophytes ») des Euthyneures, des inclusions dont toutes les affinités tinctoriales sont les mêmes que celles des dents de la première rangée. Des aspects identiques existent chez les Mollusques à odontoblastes hauts et étroits; nous avons pu mettre en évidence, chez les Prosobranches et chez les Céphalopodes, des images de sécrétion aussi nettes que celles dont nous avons signalé [11] l'existence chez le Dentale.

La réaction nucléale montre, dans certains cas, des particularités des structures nucléaires qui pourraient traduire une intervention du noyau dans la sécrétion.

Le chondriome des odontoblastes évoque de près celui d'une cellule glandulaire; l'abondance des chondriocontes de base et surtout l'accumulation de chondriocontes courts et flexueux, ainsi que de mitochondries, dans la région apicale, sont en faveur d'une sécrétion et non d'une « chitinisation ». De même, la forme et la disposition des corps de Golgi autorisent à comparer les odontoblastes à des cellules glandulaires.

Les méthodes histochimiques, enfin, établissent de façon indiscutable la part prise par les odontoblastes et par l'épithélium supérieur dans la formation des dents. L'absence de calcium ou de fer figuré dans les dents de la première rangée va de pair avec l'absence de ces métaux dans les odontoblastes; nous en avons toujours trouvé dans les cellules de l'épithélium supérieur situées en regard des premières dents minéralisées. Le cas des Opisthobranches céphalaspides [12] illustre l'intervention de l'épithélium supérieur dans l'accumulation, au sein des dents, de matières organiques. En effet, les dents radulaires d'*Acera bullata* Müll., de *Philine aperta* L. et de *Runcina coronata* Quatref. contiennent, à partir de la

---

([11]) M. Gabe et M. Prenant, *Arch. Zool. exp. gén.*, **86**, 1950, p. 487.
([12]) M. Gabe et M. Prenant, *Bull. Labor. marit. Dinard*, **37**, 1952, p. 13.

première rangée, un glucide Hotchkiss-positif différent du glycogène. Un produit doté des mêmes propriétés histochimiques existe dans les odontoblastes. Chez *Bulla striata* Brug. et chez *Haminea navicula* de Costa, les odontoblastes ne contiennent pas de glucides Hotchkiss-positifs; les dents de la première rangée en sont également dépourvues et l'apparition de ces composés dans les dents radulaires se fait en regard d'une zone de l'épithélium supérieur qui en est particulièrement riche.

Dans l'ensemble, l'étude de la gaine radulaire des Mollusques au moyen des techniques cytologiques et histochimiques actuelles conduit à considérer l'hypothèse de la formation des dents par « chitinisation » superficielle des odontoblastes comme dépourvue de base objective; elle apporte, au contraire, des arguments en faveur de la sécrétion, par les odontoblastes, de produits qui diffusent hors des cellules.

GÉNÉTIQUE. — *Sur le polychromatisme de populations de* Sphæroma serratum *le long des côtes d'Irlande.* Note de M. **Henri Hoestlandt**, présentée par M. Louis Fage.

Des recherches récentes ont permis d'interpréter génétiquement cinq types structuraux de coloration et deux mutants colorés parmi les populations de *Sphæroma serratum* (Fabricius) des côtes de Bretagne; les diverses populations se différencient par les fréquences respectives des mutants ([1]). Des recherches similaires furent effectuées en 1951 dans le Boulonnais, à la limite continentale nord de cette espèce méridionale; les Sphéromes s'y caractérisent par une diminution du polychromatisme limité à trois types structuraux (*albicans*, *discretum* et *lunulatum*) avec une quasi-uniformité de fréquence des mutants pour une côte rocheuse de 35 km de longueur ([2]).

En 1952, nous avons poursuivi nos recherches vers le Nord, en dehors du continent, sur les côtes d'Irlande où l'espèce avait été antérieurement signalée ([3]). L'Irlande s'apparente géologiquement à la Bretagne dont elle a été séparée d'abord à la fin du Tertiaire puis définitivement au cours du Quaternaire. Le climat irlandais subit, comme celui de la Bretagne, l'action des eaux relativement tièdes de l'Atlantique-nord (influence du Gulf Stream), ce qui explique la permanence d'éléments lusitaniens dans la flore ou la faune de sa côte atlantique. Nous avons recherché *Sphæroma serratum* en 70 stations réparties sur l'ensemble du littoral irlandais, mais nous n'avons trouvé l'espèce qu'en 15 d'entre elles, localisées sur la côte atlantique depuis le Nord-Nord-Ouest (station n° 1) jusqu'au Sud (station n° 15); 13 000 Sphéromes

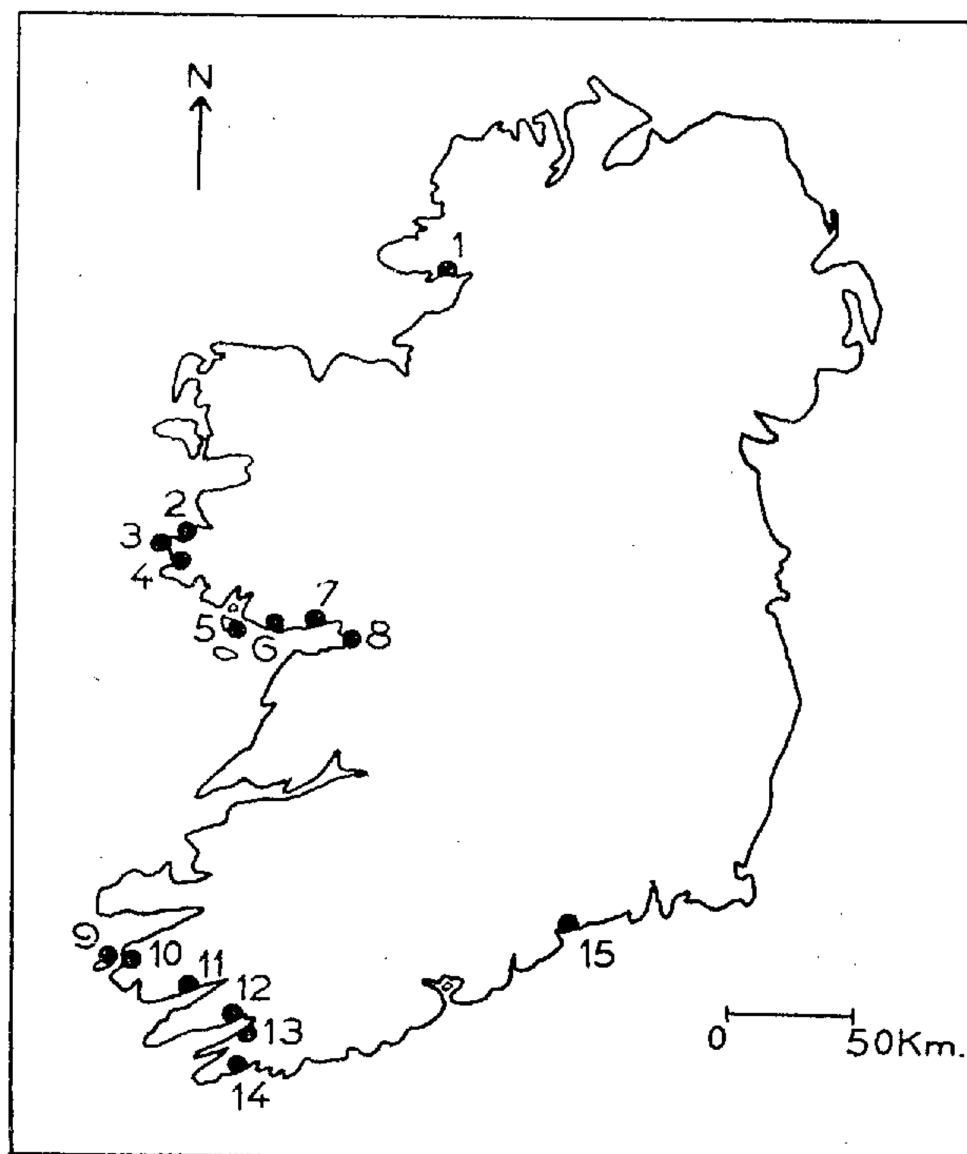
---

([1]) Ch. Bocquet, Cl. Levi et G. Teissier, *Comptes rendus*, **230**, 1950, p. 871 et 1004; *Arch. Zool. Exp.*, **87**, 1951, p. 245-297.

([2]) H. Hoestlandt et G. Teissier, *Comptes rendus*, **234**, 1952, p. 667.

([3]) W. M. Tattersal, *Proc. R. Irish Acad.*, n° 43, 1912, 6 pages.

furent examinés. L'habitat sous blocs rocheux ou galets, la dimension des grands exemplaires, l'absence d'espèce voisine dans les mêmes logements rapprochent écologiquement ces Sphéromes de ceux de Bretagne et les



éloignent de ceux du Boulonnais. On retrouve les divers types structuraux de Bretagne, *albicans* A, *discretum* D, *lunulatum* L, *signatum* S, sauf *ornatum*, ainsi que les deux mutants colorés *rubrum* R et *aurantiacum* Au. Dans le tableau suivant, qui donne les effectifs et la fréquence en pour cent des divers génotypes, les numéros des stations correspondent aux points chiffrés de la carte.

Station.	Effectif.	A.	D.	L.	S.	R.	Au
1. Inver Bay	1 409	0,2	92,3	7,3	–	–	–
2. Renvyle Point	1 142	41,6	58,2	–	–	–	–
3. Cleggan Bay	669	34,9	65,0	–	–	–	–
4. Ardbear Bay	441	41,0	58,9	–	–	–	–
5. Gorumna Island	485	90,5	9,4	–	–	–	–
6. Travore Bay	619	61,7	35,0	0,6	2,5	–	–
7. Barna	897	47,9	43,3	1,4	6,3	1,0	–
8. Ardfry	1 194	25,1	55,1	15,7	2,3	1,6	–
9. Valentia Island	207	50,7	49,2	–	–	–	–
10. Reenard Point	729	19,7	80,2	–	–	–	–
11. Kenmare River	817	21,9	78,0	–	–	–	–
12. Seal Harbour	685	48,4	49,3	2,1	–	–	–
13. Relane Point	1 162	16,6	73,5	7,9	–	1,8	–
14. Schull Harbour	1 086	60,4	36,0	3,4	–	–	–
15. Dungarvan Harbour	1 147	38,2	52,8	–	–	6,0	2,8

On remarque la présence constante des deux types A et D dans toutes les populations examinées, mais sans variations régulières du type D depuis le Nord jusqu'au Sud. Le pourcentage très élevé de la station la plus nordique (n° 1) en D est inconnu en France; il en est de même pour le haut pourcentage de la station n° 5 en A. Dans la moitié des stations étudiées, on ne trouve que A et D alors que toutes les stations françaises connues possèdent au minimum trois types. Le type L est surtout localisé dans les baies profondes et le type S est limité à la baie de Galway (stations n[os] 6, 7, 8). Les fréquences des L, S, R et A sont comparables à celles de France. Il y a lieu de signaler également des captures isolées (un S dans chacune des deux stations n[os] 2 et 13 et un R dans chacune des deux stations n[os] 1 et 14) sans pouvoir en donner dès maintenant une explication.

En résumé, par leur polychromatisme génétique, les populations actuellement connues des Sphéromes d'Irlande se rapprochent plus des populations similaires de Bretagne que de celles du Boulonnais, mais avec une tendance très nette vers un faible polychromatisme limité aux deux principaux types structuraux (*albicans* et *discretum*).

BIOLOGIE. — *Déterminisme de la pigmentation chez* Acrida turrita *L.* (*Insecte orthoptéroïde*). Note de M. **Pierre Joly**, présentée par M. Pierre-P. Grassé.

Acrida turrita L. présente un polymorphisme chromatique très important, la pigmentation de l'adulte ou des larves pouvant aller du vert uniforme intense au jaune paille également uniforme en passant par toute une gamme d'intermédiaires montrant souvent des panachures vertes et jaunes. Il existe également dans la nature des individus gris-cendré. Ce polymorphisme chromatique a fait l'objet d'études de la part de divers auteurs et spécialement de Ergene [1] qui a récemment montré, après bien d'autres d'ailleurs, que le facteur déterminant du type de pigmentation d'un animal est la couleur du substrat sur lequel il vit. D'autre part, j'ai pu établir [2] que chez certains Acridiens le déterminisme du type pigmentaire est contrôlé par les *corpora allata*. Il m'a semblé intéressant d'examiner s'il en est de même chez *Acrida turrita*.

Pour éprouver cette possibilité, des larves d'*Acrida turrita* des stades II et III ont été recueillies dans la nature (dans le jardin de l'Institut scientifique chérifien à Rabat) et élevées en cage. Le fond des cages et une partie des parois étaient beige ou grisâtre et elles contenaient un gros

---

[1] *Z. Vergleich. Physiol.*, 34, 1952, p. 69-74.
[2] *C. R. Soc. Biol.*, 1951, p. 1362-1366.

bouquet d'herbe verte fréquemment renouvelé. Les cages étaient installées sur une terrasse dominant le jardin où les larves ont été recueillies. Dans ces conditions, il a été constaté que ces larves, qu'elles aient été vertes ou jaunes au moment de leur récolte, ne changent pas de pigmentation, du moins au cours des deux ou trois premières mues à partir de leur mise en captivité.

Une vingtaine de larves jaune paille des stades II et III ont été recueillies dans la nature et ont reçu chacune une implantation intra-abdominale de *corpora allata* puis ont été élevées dans les conditions définies précédemment, en compagnie d'un nombre à peu près double de larves de même provenance, de même teinte et de même âge, qui leur ont servi de témoins. Les *corpora allata* utilisés dans cette expérience provenaient d'individus adultes de l'un ou l'autre sexe et d'espèces très variées (*Aiolopus thalassinus* F., *Anacridium ægyptium* L., *Chorthippus apicalis* H. S., *Œdaleus decorus* Germ., *Œdipoda* sp., *Stenobothrus palpalis* Uv.).

Au bout d'un délai variant de quelques jours à deux semaines, j'ai pu constater que le sang des porteurs d'implanta avaient pris une teinte verte le plus souvent très intense sans que l'animal ait mué, tandis que le sang des témoins restait jaune ambré. La couleur du sang dans tous les cas a été examinée par ponction, mais le plus souvent le changement de couleur est observable à travers le tégument : les membranes articulaires laissent voir la teinte verte du sang, quant aux sclérites, la superposition de leur couleur propre et de celle du sang donne une teinte grisâtre difficile à définir mais très caractéristique.

Dès la première mue qui a suivi l'opération et qui s'est produite 4 à 12 jours après, les animaux à sang vert ont montré une pigmentation tégumentaire identique à celle des animaux verts recueillis dans la nature alors que les témoins restaient parfaitement semblables à ce qu'ils étaient au début de l'expérience, c'est-à-dire jaune paille.

Ces résultats sont à rapprocher de ceux obtenus par I. Weed Pfeiffer sur *Melanoplus differentialis* et par moi-même sur *Locusta migratoria*. Dans les trois cas, l'animal réagit par la production de pigment vert, mais la signification de ce pigment n'est pas toujours claire.

Chez *Melanoplus*, la production de pigment vert induite par l'implantation de *corpora allata* semble limitée au sang; quant au changement de la pigmentation tégumentaire, il est difficile à interpréter; en effet, dans cette espèce, la larve et l'adulte ont des pigmentations très différentes. Or l'implantation de *corpora allata* perturbant la métamorphose (comme le montre la production d'adultoïdes à ailes réduites), il est difficile de dire si les changements pigmentaires sont dus à l'action directe de l'implantat ou à son action sur la métamorphose.

Chez *Locusta*, j'ai obtenu non seulement l'apparition de pigment vert dans le sang, mais aussi dans le tégument. Mais chez cet animal, la larve et l'adulte

ont aussi des pigmentations très différentes et, de plus, chacun de ces stades est dimorphe et peut se présenter sous la phase grégaire ou solitaire qui n'ont pas la même couleur. Les implantations agissant certainement sur la métamorphose et peut-être sur le déterminisme des phases, il est impossible de conclure à une action directe sur la pigmentation.

Chez *Acrida*, au contraire, il n'existe aucun dimorphisme de phase et, d'autre part, la larve et l'adulte présentent rigoureusement la même pigmentation. De plus, j'ai opéré sur des animaux très jeunes, de sorte que les troubles éventuels de la métamorphose ne pouvaient en aucune manière se faire sentir. *Acrida* présente seulement le dimorphisme de couleur (vert ou beige) que l'on rencontre chez un très grand nombre d'Orthoptères (Acridiens, Ensifères, Mantides, etc.). L'action directe des *corpora allata* sur l'apparition de la pigmentation verte semble dans ce cas indiscutable. Le mécanisme naturel serait donc le suivant : un stimulus optique (vue du substrat vert) parvient au cerveau qui, par une sorte de réflexe, modifie l'activité des *corpora allata*; enfin le nouvel équilibre humoral ainsi réalisé induit la formation ou le dépôt de pigment vert dans le sang et dans le tégument.

Cet enchaînement de processus aboutissant à l'adaptation chromatique de l'animal n'est pas sans analogie avec les phénomènes homologues connus chez les Vertébrés. Il est vraisemblable que ce mécanisme est très répandu chez les Orthoptères (*s. s.*).

PHYSICOCHIMIE BIOLOGIQUE. — *Nature de la sérum-albumine de Cheval préparée par cristallisation en milieu alcalin.* Note (*) de M. **Jean-Jacques Pérez**, présentée par M. Jacques Tréfouël.

La sérum-albumine de Cheval préparée par cristallisation en milieu alcalin est constituée d'une albumine peu soluble et de globuline.

L'étude de la solubilité de l'albumine préparée par cristallisation en milieu alcalin a montré que celle-ci est constituée par un mélange dans lequel domine une fraction albuminique peu soluble [1]. Nous avons vu, d'autre part [2], que ces cristaux ne sont ni des cénapses lipidoprotéidiques, ni des complexes glucidoprotéidiques et leur teneur en cendres négligeable montre que ce ne sont pas, non plus, des combinaisons métalloprotéidiques. Il paraît donc vraisemblable que ces cristaux sont constitués par un mélange de protéides. Pour essayer de déterminer la nature des compo-

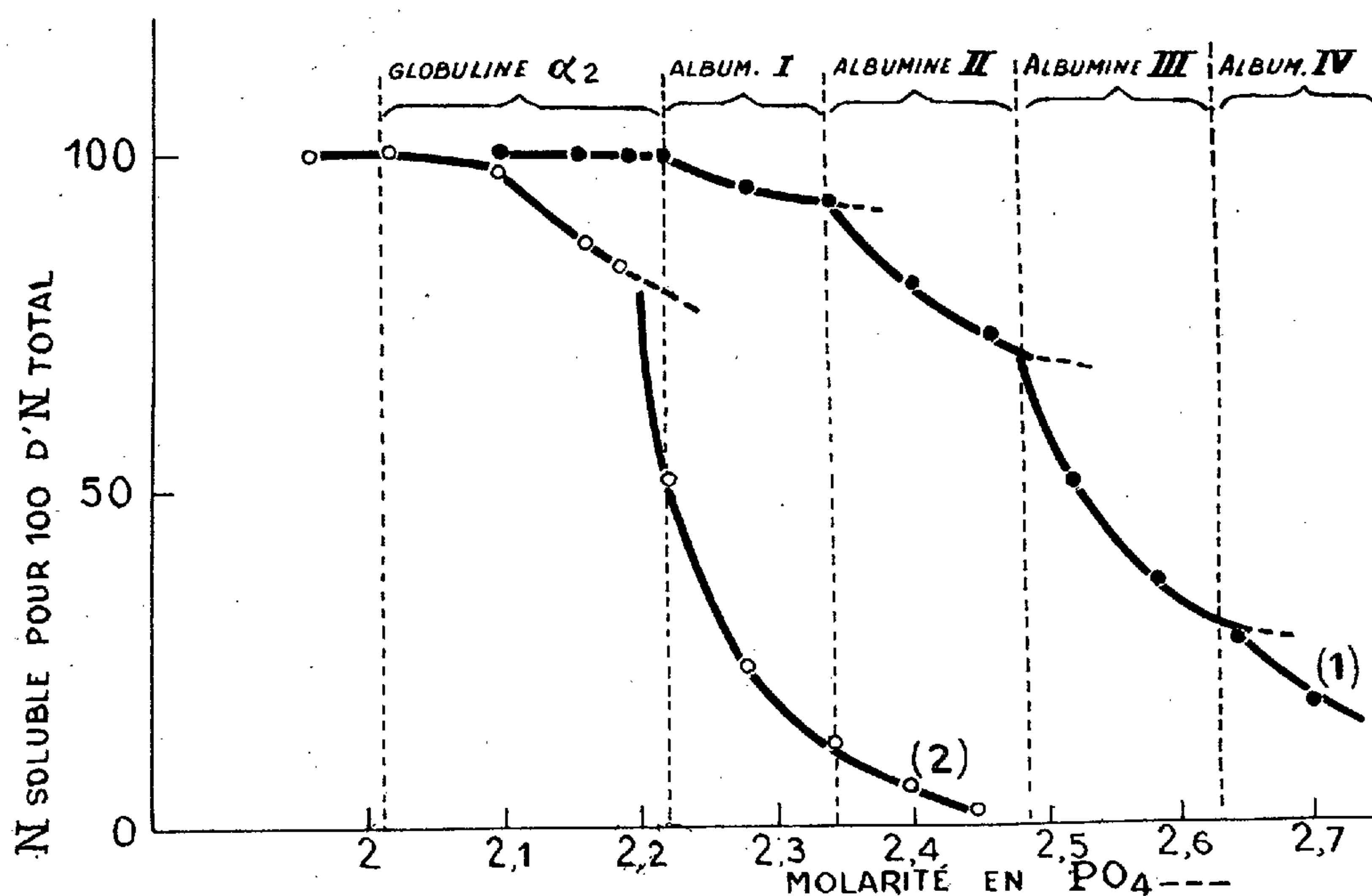
---

(*) Séance du 27 octobre 1952.

(1) J. J. Pérez, *Comptes rendus*, 235, 1952, p. 980.

(2) J. J. Pérez, *Comptes rendus*, 227, 1948, p. 915.

sants de ce mélange, nous avons étudié, comparativement, les solubilités de l'albumine alcaline et de l'albumine acide ([3]) en fonction de la concentration saline. Pour cela, nous avons utilisé la méthode de Roche et Derrien ([4]) dans laquelle on mesure la solubilité des protéides sériques en fonction de quantités croissantes d'un mélange équimoléculaire de phosphates mono et dipotassiques dont le pH est 6,5. D'après ces auteurs,



les divers constituants protéidiques du sérum précipiteraient entre des limites de concentration en phosphates bien déterminées. La courbe de solubilité d'un mélange de protéides serait formée d'autant de segments que le mélange renferme de constituants. Les résultats que nous avons ainsi obtenus avec l'albumine acide et l'albumine alcaline sont représentés sur la figure. Les molarités en phosphates sont portées en abscisses et les solubilités en ordonnées. En outre, on a noté, en haut du graphique, les concentrations en phosphates correspondant aux fractions protéidiques identifiées par Roche et Derrien. L'examen de ces courbes confirme que l'albumine alcaline (courbe 2) est constituée en majeure partie par une fraction peu soluble, l'albumine I, de l'albumine acide (courbe 1). Elle montre, en outre, que l'albumine alcaline contient une quantité impor-

([3]) Rappelons que nous désignons par « albumine alcaline » l'albumine préparée par cristallisation en milieu alcalin et purifiée par plusieurs cristallisations, et par « albumine acide » celle préparée par cristallisation en milieu acide.

([4]) DERRIEN, *Thèse de Sciences*, Marseille, 1946.

tante de globuline α (et, parfois, de globuline β). La présence de globuline dans les cristaux d'albumine alcaline est d'ailleurs confirmée par l'immunochimie : du sérum de Lapin antisérum de Cheval épuisé par de l'albumine de Cheval [préparée par cristallisation en milieu acide et purifiée par dix cristallisations (5)] précipite encore nettement avec de l'albumine alcaline recristallisée dix fois en milieu alcalin. La présence de globuline dans les cristaux d'albumine n'est d'ailleurs pas un fait exceptionnel, puisque les albumines cristallisées en milieu acide en renferment également. Mais, au contraire de ce qui se passe en milieu alcalin, il suffit de quelques cristallisations pour les éliminer complètement. Sans parler d'un complexe, qui paraît peu probable, d'albumine et de globuline, il semble, néanmoins, que ces deux protéides s'entraîneraient mutuellement plus facilement en milieu alcalin qu'en milieu acide. Le fait qui paraît surtout à retenir est que la cristallisation en milieu alcalin sépare facilement, des albumines totales, une fraction peu soluble qui est sans doute à rapprocher de l'albumine dépourvue de glucides isolée par Mac Meekin (6).

CHIMIE BIOLOGIQUE. — *Sur les esters hydrosolubles de la choline. La glycérylphosphorylcholine*. Note de Mme **Marthe Diament**, M. **Ernest Kahane** et Mlle **Jeanne Lévy**, présentée par M. Maurice Javillier.

Nous caractérisons la glycérylphosphorylcholine parmi les constituants des vésicules séminales de Rat; Schmidt, Thannhaüser et leurs collaborateurs la caractérisent dans le pancréas autolysé de Bœuf et dans le foie d'Agneau. Contrairement à ces auteurs, il ne nous paraît pas légitime de généraliser et d'identifier dans tous les cas la « choline hydrosoluble combinée » à la glycérylphosphorylcholine.

L'hypothèse d'un précurseur hydrosoluble de la choline a été émise par Hunt dès 1899, à la suite d'expériences de biochimie extractive. Elle a été fertile, puisqu'elle l'a conduit à la découverte de l'activité pharmacologique de l'acétylcholine. Hunt n'avait cependant pas lieu de voir, dans l'acétylcholine, un produit naturel, capable de libérer de la choline *post mortem*. A la suite des travaux de Lœwi, Dale et Dudley, Kapfhammer et Bischoff, Nachmansohn, etc., l'*acétylcholine* fut comprise parmi les constituants de nombreux organismes, mais sa présence n'est pas assez générale et son taux n'est jamais assez élevé pour que son hydrolyse rende compte de l'enrichissement progressif en choline de nombreux extraits animaux et végétaux.

(5) Après cinq cristallisations en milieu acide, l'albumine est dépourvue de globulines décelables immunochimiquement (E. A. Kabat et M. Heidelberger, *J. Exp. Med.*, 66, 1937, p. 229).

(6) *J. Amer. Chem. Soc.*, 62, 1940, p. 3393.

Nous avons montré que cet enrichissement est un phénomène général, précoce et rapide. C'est ainsi que, contrairement aux données classiques, le sperme ne contient originellement que des traces de choline libre; le taux de celle-ci s'accroît par l'action d'un enzyme de la prostate sur un substrat hydrosoluble de la sécrétion séminale ([1]). En améliorant notre mode opératoire et nos méthodes de dosage, nous avons montré que de nombreux extraits aqueux d'organismes animaux et végétaux, d'organes, de tissus, de sécrétions, convenablement fixés, sont capables de libérer de la choline par hydrolyse chimique (acide ou alcaline) ou enzymatique (prostate, intestin, etc.). Nous déterminons le taux de la choline libérable par différence en dosant la choline de l'extrait aqueux primitif, puis celle de l'extrait hydrolysé ([2]).

Le caractère général de l'existence *d'un ou de plusieurs* précurseurs hydrolysables de la choline, représentant ce que nous avons appelé la *choline hydrosoluble combinée* (CHC), était ainsi solidement établi.

Parmi ces précurseurs, figure la *glycérylphosphorylcholine* (GPC), caractérisée en 1933 par Contardi et Ercoli ([3]) comme terme intermédiaire de la dégradation de la lécithine, puis par nous, en 1944, dans le produit d'action du broyat d'intestin sur la lécithine de l'œuf ([4]). *Nous avons retrouvé la* glycérylphosphorylcholine *comme constituant des vésicules séminales de Rat,* par le mode opératoire suivant :

Extrait aqueux par défécation ferrique; évaporation et reprise à l'alcool; purification par précipitation à l'acétone; adsorption en solution méthylique sur gel de silice; élution à l'eau; précipitation d'un ferrichlorure. Analyse C % : 14,17; N % : 2,10; P % : 4,79; C/N : 7,88; P/N : 1,03 (Calculé pour GPC : C/N : 8; P/N : 1).

Ce résultat est important, parce qu'il est en apparente contradiction avec celui de Lundquist ([5]) qui extrait, à partir du sperme, la *phosphorylcholine.* Nous sommes donc fondés à nous montrer réservés, avant d'assimiler, sur la base de quelques identifications, la *totalité* de la CHC à la GPC, bien que nos travaux apportent des arguments sérieux à l'appui de la thèse selon laquelle la GPC compterait parmi les constituants de nombreux tissus.

Schmidt, Thannhaüser et leurs collaborateurs ([6]) assimilent la CHC et

---

([1]) E. Kahane et Jeanne Lévy, *Comptes rendus*, **202**, 1936, p. 2186.
([2]) *Comptes rendus*, **207**, 1938, p. 642 et 747.
([3]) *Biochem. Z.*, **261**, 1933, p. 275.
([4]) *Comptes rendus*, **219**, 1944, p. 432.
([5]) *Acta Physiol. Scand.*, **13**, 1947, p. 322.
([6]) *J. Biol. Chem.*, **161**, 1945, p. 523; *Fed. Proc.*, **8**, 1949, p. 249; *J. Biol. Chem.*, **197**, 1952, p. 601.

la GPC. Après avoir caractérisé, comme King et Aloisi [7], la GPC parmi les produits d'autolyse du pancréas de Bœuf, puis dans l'extrait aqueux de foie d'Agneau, ils comptent comme GPC les résultats obtenus dans l'application d'une méthode de dosage par différence, ne se distinguant de la nôtre que par des détails, notamment par la technique de déprotéinisation.

On est d'autant plus en droit d'être exigeant à ce sujet qu'il a déjà été trouvé, outre l'acétylcholine et la GPC, plusieurs esters hydrolysables de la choline dans les extraits biologiques : esters sinapique (Moutarde blanche), propionique (*Viscum album*), sulfurique (*Aspergillus sydowi*), sphingosine-phosphorique (foie et placenta de Bovidés).

Une autre raison d'être circonspect est le rôle biologique qui peut être attribué à certains de ces esters. C'est ainsi que les variations de la CHC, que nous constatons au cours de l'inanition et de certains états carencés [8], nous paraissent témoigner en faveur de son intervention dans le métabolisme des lipides. Si elle est composée de plusieurs esters distincts, il y a lieu de se demander à qui appartient ce rôle physiologique : à la seule GPC, à un autre ester de la choline ou à la totalité de la CHC dosée ? Tout en reconnaissant l'intérêt de la contribution apportée par Schmidt, Thannhaüser et leurs collaborateurs, nous attendons de nouvelles confirmations avant de toujours assimiler la CHC à la GPC.

Deux conditions nous paraissent nécessaires pour que cette généralisation soit permise. La première est que la caractérisation de la GPC porte sur un nombre assez grand de cas particuliers et que ceux-ci soient assez divers. La seconde est qu'elle porte sur la totalité ou sur un pourcentage élevé du précurseur.

CHIMIE BIOLOGIQUE. — *Sur l'action inhibitrice du galactose dans l'analyse du saccharose par la saccharase de la levure.* Note de Mme **Andrée de Grandchamp-Chaudun**, présentée par M. Maurice Javillier.

L'hydrolyse du saccharose par la saccharase de la levure est fortement inhibée par la galactose. Cette inhibition est fonction croissante de la concentration du galactose et fonction décroissante de la teneur en saccharose.

Nous avons montré, dans une précédente Note [1], que l'addition de galactose à des solutions de saccharose, apporte un retard considérable au dédoublement de ce sucre par la saccharase de la levure. C'est ainsi qu'en ajoutant

(7) *Biochem. J.*, 39, 1945, p. 470.

(8) E. Kahane et Jeanne Lévy, *Arch. Sc. Physiol.*, 4, 1950, p. 185.

(1) A. de Grandchamp-Chaudun et M.-Th. Moreau, *Comptes rendus*, 235, 1952, p. 552.

10 g % de galactose à une solution de saccharose à 4,8 g % sur laquelle on fait agir une saccharase extraite de la levure par la technique de Sumner, la vitesse d'inversion est divisée par 5,6 alors que, dans les mêmes conditions de concentrations, le glucose et le fructose ne ralentisent le phénomène que dans les rapports 1,7 et 1,9 respectivement.

Nous nous sommes proposé d'étudier : 1° l'influence de doses croissantes de galactose opposées à une même quantité de saccharose; 2° l'influence du pourcentage initial du saccharose pour une même dose de galactose. Le volume de liqueur diastasique, inchangé d'une expérience à l'autre, a été déterminé de telle manière que la réaction présente une phase assez longue de vitesse constante.

Voici, à titre d'exemple, quatre séries d'expériences relatives à des concentrations de saccharose de 2 g, 3,75 g, 7,50 et 10 g % en présence de doses de galactose égales à 0 g, 1,25 g, 2,50 g et 5 g %. Nous donnons seulement, dans les tableaux ci-dessous, les résultats correspondant aux quatre ou cinq premières heures de la réaction; mais nous avons vérifié que, dans tous les cas, l'hydrolyse est totale et que la quantité de substrat qui reste en solution quand la vitesse commence à décroître, ne semble pas modifiée par la présence du galactose.

Temps (demi-heures).	Poids de saccharose hydrolysé dans 100 cm³ de solution (en grammes).			
	Gal. = 0.	Gal. = 1,25 %.	Gal. = 2,50 %.	Gal. = 5 %.
I. — *Saccharose :* 2 g %. $t = 12°$C.				
1...........	0,17	0,09	0,06	–
2...........	0,36	0,19	0,13	0,07
3...........	0,54	0,28	0,20	–
4...........	0,73	0,38	0,26	0,14
5...........	0,91	0,47	0,33	–
6...........	1,10	0,57	0,40	0,20
7...........	(1,27)	0,68	0,46	–
8...........	(1,42)	0,78	0,52	0,27

Les chiffres entre parenthèses correspondent à la phase logarithmique.

Temps (demi-heures).	Gal. = 0.	Gal. = 1,25 %.	Gal. = 2,50 %.	Gal. = 5 %.
II. — *Saccharose :* 3,75 g %. $t = 17°$C.				
1...........	0,20	0,12	0,09	–
2...........	0,42	0,26	0,20	0,10
3...........	0,63	0,39	0,31	–
4...........	0,85	0,53	0,42	0,21
5...........	1,06	0,67	0,52	–
6...........	1,28	0,80	0,63	0,31
7...........	1,50	0,94	0,74	–
8...........	1,71	1,07	0,84	0,42
10...........	2,14	1,34	1,06	0,53
12...........	2,58	1,62	1,29	0,63

Temps (demi-heures).	Poids de saccharose hydrolysé dans 100 cm³ de solution (en grammes). Gal. = 0.	Gal. = 1,25 %.	Gal. = 2,50 %.	Gal. = 5 %.
	III. — *Saccharose :* 7,50 g %.		$t = 15^{\circ}$C.	
1	0,18	0,13	0,10	–
2	0,38	0,27	0,21	0,13
3	0,57	0,40	0,32	–
4	0,77	0,54	0,43	0,27
5	0,96	0,68	0,53	–
6	1,16	0,83	0,64	0,41
7	1,36	0,97	0,75	–
8	1,55	1,10	0,86	0,56
10	1,94	1,37	1,08	0,70
12	2,32	1,66	1,30	0,84
	IV. — *Saccharose :* 10 g %.		$t = 13^{\circ}$C.	
1	0,16	0,13	0,10	–
2	0,34	0,27	0,22	0,15
3	0,52	0,41	0,34	–
4	0,69	0,55	0,45	0,31
5	0,87	0,69	0,56	–
6	1,05	0,84	0,68	0,47
7	1,24	0,98	0,79	–
8	1,43	1,13	0,98	0,64

La vitesse moyenne d'hydrolyse, lorsqu'on passe de la liqueur contenant le seul saccharose aux solutions renfermant 1,25 g, 2,50 g et 5 g % de galactose, est divisée par

1,9	2,7	5,2	(Saccharose = 2 g %)
1,6	2,1	4,0	(» = 3,75 g %)
1,4	1,8	2,8	(» = 7,50 g %)
1,2	1,5	2,1	(» = 10 g %)

Le retard augmente donc, comme on devait s'y attendre, avec la dose de galactose, mais sans lui être proportionnel. D'autre part, l'action inhibitrice observée est d'autant plus importante que la liqueur soumise à l'hydrolyse renferme moins de saccharose.

CHIMIE BIOLOGIQUE. — *Sur le glycogène de* Bacillus megatherium. Note de MM. **Cormac Barry**, **Raymond Gavard**, **Gérard Milhaud** et **Jean-Paul Aubert**, présentée par M. Maurice Lemoigne.

Le glycogène extrait de *B. megatherium* s'apparente par toutes ses propriétés aux glycogènes déjà connus d'origine diverse. L'étude de la constitution a porté sur les propriétés physiques (poids moléculaire et viscosité) et sur les propriétés chimiques (« blue value », mesures potentiométriques, action de la β-amylase et dosage des groupes terminanx par la méthode au périodate et par méthylation).

Dans un précédent travail [1], l'un de nous a montré l'existence, chez *B. megatherium*, de deux types de polyosides : l'un capsulaire formé de glucose et de galactose, l'autre interne de type glycogénique. Les études sur le glycogène bactérien étant assez restreintes, le présent travail a pour objet d'étudier la constitution du glycogène isolé de *B. megatherium* et de le comparer aux autres glycogènes connus.

PRÉPARATION DU POLYOSIDE. — A. *Traitement préalable des microbes.* — Les bactéries sont cultivées selon la méthode décrite précédemment [1]. Le polyoside capsulaire, qui doit être éliminé avant l'extraction du glycogène, est extrait par des traitements répétés à l'eau bouillante [1].

B. *Extraction du polyoside.* — Les bactéries, débarrassées du polyoside capsulaire, sont traitées par la méthode de Curran et Evans [2] : broyage mécanique avec de la poudre de verre, puis extraction à l'hydrate de chloral à 80°. Le polyoside brut est purifié par la méthode de Sevag [3] et dialyse. A partir de 55 g de microbes secs, on obtient 1,3 g d'un produit blanc (95,6 % de sucres réducteurs après hydrolyse, 0,16 % d'azote, 7 % d'humidité).

ÉTUDE DU POLYOSIDE. — A. *Propriétés physiques.* — Le produit se présente sous forme d'une poudre blanche soluble dans l'eau froide et donnant des solutions fortement opalescentes. Pour un produit contenant 10 % d'humidité $[\alpha]_D^{20} = +173°$ ($c = 0{,}25$ %, $l = 1$). Viscosité dans la soude normale $\eta_{sp}/c = 0{,}86$ $c = 0$. Le poids moléculaire déterminé par la méthode à l'acide dinitrosalicylique est supérieur à 180 000.

B. *Propriétés chimiques.* — 1° *Constituants.* — Le glucose est le seul constituant décelable par chromatographie sur papier d'un hydrolysat du polyoside.

2° « *Blue value* ». — Avec l'iode le polyoside donne une coloration rouge acajou. Lorsqu'on essaie de déterminer la « blue value » par la méthode de Mac Cready et Hassid [4] avec les concentrations habituelles, on n'obtient qu'une teinte jaune pâle ne donnant lieu à aucune absorption.

3° *Mesures potentiométriques.* — On n'observe pas de formation de complexe avec l'iode, la courbe obtenue est la courbe classique donnée par le glycogène.

4° *Action de la β amylase.* — Avec la β amylase de blé, le pourcentage de dégradation varie de 43 à 46 %.

5° *Détermination des groupes terminaux.* — La méthode au périodate indique un pourcentage de groupes terminaux de 9 ± 1 %. La méthyla-

---

(1) J. P. AUBERT, *Ann. Inst. Pasteur*, **80**, 1951, p. 864.

(2) *J. Bact.*, **43**, 1942, p. 125.

(3) *Biochem. Z.*, **273**, 1934, p. 419.

(4) *J. Amer. Soc.*, **65**, 1943, p. 1154.

tion du produit est faite par action du sodium et de l'iodure de méthyle dans l'ammoniac liquide (5) [méthoxyl : 41,7 %, $\eta_{sp}/c = 0,17$, $c = 0$, $[\alpha]_D^{20} = +206°$ (dans le chloroforme)], et le dosage des méthylglucoses séparés par chromatographie sur papier, indique : 9,8 % de tétraméthylglucose, 62,7 % de triméthylglucose, 22,3 % de diméthylglucose, et 5,7 % de monométhylglucose.

Conclusion. — Par ses propriétés physiques : $[\alpha]_D^{20} = +173°$ (produit à 10 % d'humidité), poids moléculaire élevé, et par ses propriétés chimiques : pas de formation de complexe avec l'iode, pourcentage de dégradation en maltose par la β amylase de 43-46 %, et détermination des groupes terminaux par la méthode au périodate ou par méthylation (respectivement 9 et 9,8 %), le glycogène extrait de *B. megatherium* s'intègre parmi les glycogènes déjà connus (6).

CHIMIE BIOLOGIQUE. — *Excrétion de porphyrines par la levure en anaérobiose.* Note (*) de M. **Piotr P. Slonimski**, transmise par M. Jacques Duclaux.

La levure normale et le mutant à déficience respiratoire (« petite colonie ») excrètent des porphyrines en anaérobiose, mais non en aérobiose. Cette excrétion est vraisemblablement due à la déviation de la biosynthèse du cytrochrome *c*.

Les remaniements de la constitution enzymatique de la levure dus, soit à la mutation « petite colonie », soit à la prolifération en absence d'oxygène, ont été décrits précédemment (1). Ces remaniements portant surtout sur les hémoprotéines, il nous a paru intéressant de voir s'ils sont accompagnés de variations du métabolisme des porphyrines libres : Schaeffer (2) a, en effet, observé un trouble de ce métabolisme au cours de la croissance anaérobie de *B. cereus.*

Nos expériences ont porté sur les souches 59 R (normale) et 59 RA (mutante) de *Saccharomyces cerevisiæ* (3). Les dosages des porphyrines ont été effectués en comparant l'absorption dans l'ultraviolet des porphyrines formées par la levure avec celle de l'hématoporphyrine synthétique. Ces dosages sont faits soit directement sur les liquides de culture, soit après extraction à l'éther-HCl.

---

(5) K. Freudenberg, E. Plankenhorn et H. Boppel, *Ber.*, 71, 1938, p. 2435 et 2505.

(6) D. J. Bell et D. J. Manners, *J. Chem. Soc.*, 1952, p. 3641.

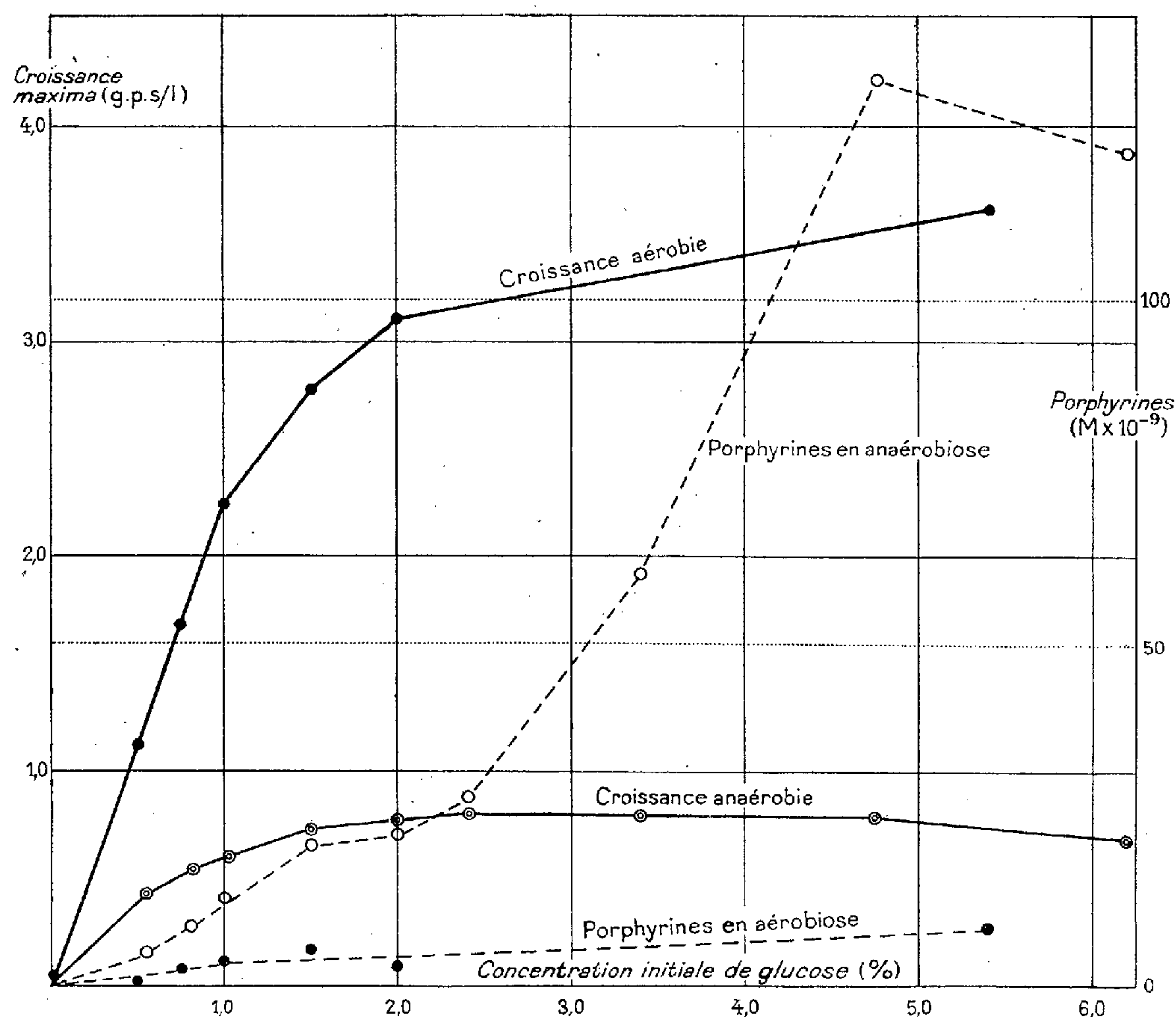
(*) Séance du 20 octobre 1952.

(1) P. Slonimski et B. Ephrussi, *Ann. Inst. Pasteur*, 77, 1949, p. 47; B. Ephrussi et P. Slonimski, *Bioch. et Bioph. Acta.*, 6, 1950, p. 256; P. Slonimski et H. Hirsch, *Comptes rendus*, 235, 1952, p. 741, 914.

(2) *Comptes rendus*, 231, 1950, p. 381.

(3) B. Ephrussi, H. Hottinguer et A. M. Chimenes, *Ann. Inst. Pasteur*, 76, 1949, p. 351.

Lorsqu'on cultive la levure normale ou mutante en anaérobiose, on constate dans le milieu de culture une forte accumulation de porphyrines dont la concentration peut atteindre les valeurs de 1 à $1,5.10^{-7}$ M.



Croissance et accumulation des porphyrines en fonction de la concentration en glucose du milieu de culture. Levure 59 R.

Dans les mêmes conditions, mais en aérobiose, l'accumulation de porphyrines est très faible et ne dépasse pas la concentration de $0,15.10^{-7}$ M. Puisque le rendement de croissance est supérieur en présence d'oxygène, *le rapport porphyrines formées : levure formée est de 15 à 20 fois plus grand en anaérobiose qu'en aérobiose.* L'accumulation des porphyrines a lieu également en absence de multiplication cellulaire lorsque la levure est incubée à l'abri de l'oxygène dans du tampon phosphate glucosé; elle est, au contraire, négligeable au cours de l'incubation aérobie. L'absence d'accumulation de porphyrines en aérobiose n'est due ni à leur adsorption, ni à leur dégradation ultérieure. Les quantités de porphyrines libérées en anaérobiose dans le milieu complet contenant une forte dose d'extrait de

levures Difco et dans les milieux synthétiques sont sensiblement égales; l'addition de riboflavine n'influence pas le phénomène, contrairement à ce que Stich et Eisgruber (4) ont trouvé pour la « coproporphyrine » de *Saccharomyces annamensis*.

La concentration du glucose joue un rôle important. Lorsqu'on porte la concentration des porphyrines accumulées en anaérobiose en fonction de la concentration initiale de glucose, la courbe obtenue présente une discontinuité des pentes (*figure*).

Cette discontinuité suggère que l'excrétion des porphyrines n'est pas un phénomène simple, et le fait que le palier coïncide avec les concentrations en sucre (1,5 à 2,0 %) au-dessus desquelles la quantité de matière vivante formée en anaérobiose n'augmente plus indique une relation étroite entre l'utilisation du glucose pour la croissance et son utilisation pour la porphyrinogénèse.

Les porphyrines excrétées sont étherosolubles et l'acide chlorhydrique à 0,54 % les extrait en totalité de la phase éthérée. Il ne s'agit donc ni d'uroporphyrines, ni de protoporphyrines.

Tout se passe donc comme si chez *B. cereus* (2) et chez la levure l'accumulation des porphyrines en anaérobiose était due à l'excrétion des groupes tétrapyrroliques non utilisés par les cellules incapables d'effectuer la synthèse de certains cytochromes.

La souche mutante mérite une mention spéciale. Cultivée en anaérobiose, elle ne forme pas de cytochrome *c* et ne peut pas être distinguée de la souche normale (5). En aérobiose, elle ne forme pas de cytochromes *a* et *b* et sa teneur en hémines est plus faible que celle de la souche normale. Cependant, elle n'excrète pas plus de porphyrines que la souche normale. On peut donc penser que les porphyrines libérées en anaérobiose proviennent exclusivement de la déviation de l'anabolisme du cytochrome *c*. Cette hypothèse rend compte également de la différence observée par Schaeffer (2) entre *B. cereus* et *E. coli* et est appuyée par les résultats récents de Paul (6) qui pense que le groupe prosthétique du cytochrome *c* est un isomère de l'hématohématine, et que la porphyrine libre qui en dérive est l'hématoporphyrine.

A 15 h 30 m l'Académie se forme en Comité secret.

---

(4) *H. S. Z. Physiol. Chem.*, **287**, 1951, p. 19.

(5) P. Slonimski, *Comptes rendus*, **231**, 1950, p. 375.

(6) K. G. Paul, *Acta Chem. Scand.*, **3**, 1949, p. 1178; **4**, 1950, p. 239.

COMITÉ SECRET.

M. **Pierre Lejay**, Président du Comité national de Géodésie et Géophysique, informe l'Académie qu'au cours de l'Assemblée générale qu'il a tenue à Amsterdam, au début d'octobre, le Conseil international des Unions scientifiques a exprimé le vœu que soit constitué, dans chaque pays adhérent, un *Comité national pour la préparation de l'année internationale géophysique et de l'opération internationale des Longitudes de* 1957-1958.

Sur sa proposition, l'Académie constitue un Conseil qui s'adjoindra toutes les personnalités qu'il jugera nécessaire pour former le Comité national dont la création est demandée.

Sont nommés pour faire partie de ce Conseil, MM. **Charles Maurain**, **Louis de Broglie**, **Gaston Fayet**, **Georges Durand-Viel**, **Pierre Lejay**, **Donatien Cot**, **Raoul Combes**, **André Danjon**, **Gaston Dupouy**.

La séance est levée à 16 h 20 m.

L. B.

ERRATA

(*Comptes rendus* du 7 juillet 1952.)

Note présentée le 30 juin 1952, de M. *Jean Barraud* et M[lle] *Claire Pierrée*, Anticathodes filiformes : application à la diffraction des rayons X par les cristaux :

Page 73, 6e ligne en remontant, *au lieu de* diagramme, *lire* diaphragme.

(*Comptes rendus* du 20 octobre 1952.)

Note présentée le même jour, de M. *André Charrueau*, Formules matricielles relatives aux complexes linéaires et aux faisceaux de complexes linéaires :

Page 862, 13e ligne, *au lieu de* d'un complexe spécial double, *lire* du complexe spécial double.



ACADÉMIE DES SCIENCES.

SÉANCE DU LUNDI 10 NOVEMBRE 1952.

PRÉSIDENCE DE M. ALBERT CAQUOT.

MÉMOIRES ET COMMUNICATIONS
DES MEMBRES ET DES CORRESPONDANTS DE L'ACADÉMIE.

M. **ARNAUD DENJOY** s'exprime en ces termes :

Hier, 9 novembre, a eu lieu à Auxerre, ville natale de JOSEPH FOURIER, de l'Académie française, Secrétaire perpétuel de l'Académie des sciences, l'inauguration d'un médaillon à son effigie, apposé sur la façade de la Mairie. Avant la seconde guerre mondiale, une imposante statue de bronze perpétuait sur une place publique de cette ville le souvenir de Fourier. Le monument fut réquisitionné par les Allemands pour la fonte.

La Cérémonie était honorée de la présence de M. JEAN MOREAU, Secrétaire d'État au Budget, Député-maire d'Auxerre, et de M. ANDRÉ CORNU, Secrétaire d'État aux Beaux-Arts. L'Académie des sciences, invitée à se faire représenter à cette commémoration, avait bien voulu me désigner à cette fin. Notre Confrère, M. CHARLES LAUBRY, y assistait également.

CHIMIE ORGANIQUE. — *Oxydation du d-méthoéthylheptanonolide par l'acide nitrique.* Note de MM. **MARCEL DELÉPINE** et **MARIUS BADOCHE**.

Les acides homoterpénylique et térébique résultant de l'oxydation de dérivés terpéniques divers ont toujours été décrits sans mention d'activité optique. En oxydant le *d*-méthoéthylheptanonolide par l'acide nitrique, nous les avons obtenus optiquement actifs. Il en découle quelques conséquences intéressantes sur le processus d'oxydation.

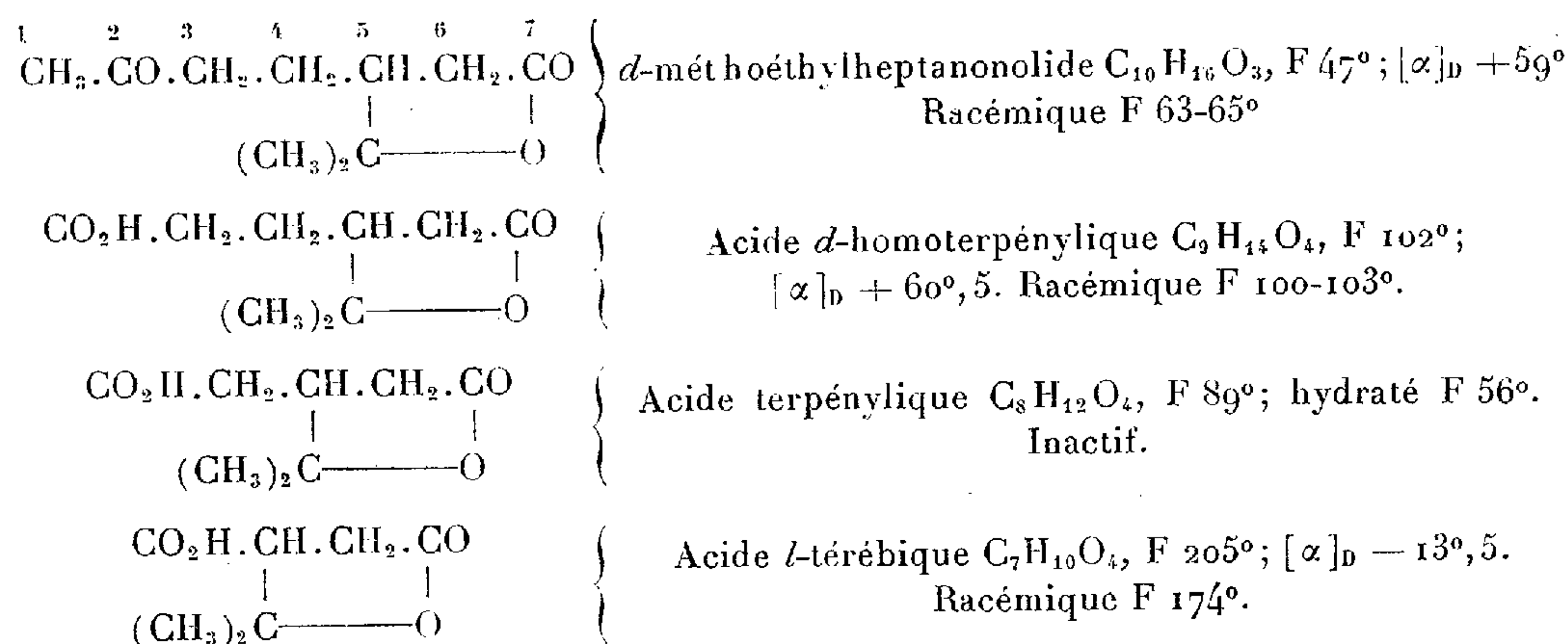
Nous avons entrepris l'oxydation du *d*-méthoéthylheptanonolide (que nous appellerons parfois *d*-cétolide) avec l'espoir qu'elle nous conduirait à l'obtention d'acides optiquement actifs et que nous ajouterions ainsi un cas de plus au fait que d'un pinène actif on peut aboutir à des antipodes. En effet, l'un de nous [1] a montré que, suivant le chemin suivi grâce à des réactions appro-

---

(1) M. DELÉPINE, *Comptes rendus*, 179, 1924, p. 980; *Bull. Soc. Chim.*, (4), 35, 1924, p. 1655. Autre exemple : obtention des deux carvones antipodes avec un même pinène; *Bull. Soc. Chim.* (5), 4, 1937, p. 1669.

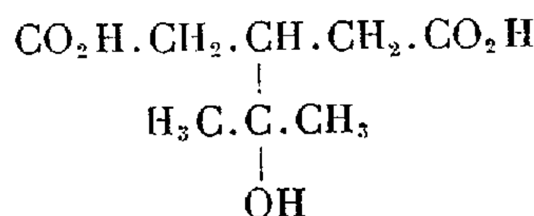
priées, on peut, par exemple, avec du *d*-pinène arriver aux deux méthoéthylheptanonolides inverses optiques. Si donc l'oxydation d'un de ces solides conduit à des acides actifs, il s'en déduira qu'un pinène est ainsi chef de file d'acides antipodes. Entre parenthèses, cela montre qu'en tels cas on ne saurait prendre en considération la notation usitée surtout en chimie biologique qui rattache un corps actif donné à une substance primordiale affectée d'un signe D ou L, puis d'un autre + ou — en relation avec le pouvoir rotatoire.

Avant de décrire les résultats obtenus par oxydation nitrique du *d*-méthoéthylheptanonolide, rappelons les constantes dominantes des trois acides : homoterpénylique, terpénylique et térébique qui en dérivent en faisant observer d'abord qu'à notre connaissance, l'oxydation de ce *d*-cétolide ne comportait avant nous ni l'obtention d'acide térébique actif, ni celle de la présence de l'acide homoterpénylique.



Les pouvoirs rotatoires mentionnés sont ceux observés dans l'acétone aux concentrations de 0,03 à 0,035.

On pourrait imaginer que les atomes 2, 3 et 4 du cétolide se transforment en carboxyles après ablation progressive des atomes 1, 2 et 3. Le fait que l'acide terpénylique est inactif, en tant qu'olide de l'acide appelé diaterpénylique doué d'un plan de symétrie, interdit que l'acide térébique qui est actif puisse lui succéder par une oxydation plus avancée.



Acide diaterpénylique.

Par l'usage d'un cétolide actif qui conduit à un acide térébique actif, nous sommes en mesure d'affirmer que l'oxydation nitrique a porté d'emblée sur le carbone 4, car il serait invraisemblable que la fonction olide de l'acide terpé-

nylique persistât sans s'ouvrir si peu que ce soit au cours de l'oxydation qui dure plusieurs heures. D'ailleurs, étant rigoureusement inactif l'acide terpénylique que nous avons obtenu ne peut être un terme intermédiaire.

Des conclusions aussi fermes eussent été impossibles si l'on était parti du cétolide racémique.

Nous ne pouvons, faute de place, rapporter qu'un petit nombre d'expériences antérieures aux nôtres.

Le *d*-cétolide que nous avons utilisé a été préparé avec de l'acide *d*-pinonique pur issu du *d*-pinène; il a été oxydé par l'acide nitrique suivant le procédé que Locquin a utilisé pour le cétolide inactif (²), sauf qu'à la fin au lieu d'évaporer l'acide nitrique (employé en assez fort excès) sur le bain-marie, nous avons concentré le produit de l'attaque à consistance de sirop par distillation sous la pression réduite de 30 mm de Hg. A ce résidu il fut ajouté, pour un départ de 33 g de cétolide et de 275 cm^3 d'acide nitrique à 40° Bé, 30 g d'eau distillée; il en est résulté une première cristallisation d'acide térébique. L'eau-mère évaporée au bain-marie fut reprise par 30 cm^3 d'eau et la solution réévaporée en répétant l'opération plusieurs fois pour bien chasser l'acide nitrique. Chaque fois que le résidu voulut bien cristalliser on en retira le nouvel acide térébique. Une cristallisation finale dans 10 parties d'eau bouillante de l'ensemble des cristaux obtenus donna environ 6 g d'acide térébique pur, actif, cristallisant en fines paillettes carrées ou rectangulaires, fusibles à 201-205°, solubles dans 130 parties d'eau à 22°. Pouvoir rotatoire : $[\alpha]_D = -13°,5$ (acétone $C = 0,03$); $[\alpha]_D = -45°$ (sel monosodique dissous dans l'eau par CO_3Na_2, $C = 0,025$); $[\alpha]_D = +7°,5$ (sel disodique dans l'eau, avec 2 mol. HONa; $C = 0,025$). Le temps de passage au sel disodique de l'acide diatérébique par HONa est très faible, sans doute moindre que celui de préparer la solution pour le polarimètre; un excès de soude à chaud ne modifie pas le pouvoir rotatoire. On notera le changement de signe et les variations de la rotation avec l'alcalinisation par la soude.

C'est ici le lieu de rappeler que c'est seulement assez récemment qu'Arne Fredga (³) a décrit les acides térébiques actifs, obtenus par synthèse. Nous avons retrouvé pour ainsi dire exactement le pouvoir rotatoire qu'il indique $[\alpha]_D = \pm 13°,1$ (acétone), ainsi que le point de fusion 201-205°.

Il est probable que W. Hückel et F. Nerdel (⁴) ont eu cet acide entre les mains, car ils décrivent un acide térébique F 199-201° (obtenu avec un cétolide F 39°), alors que l'acide racémique fond à 174°. Mais ils n'ont mentionné aucun pouvoir rotatoire, ni commenté la différence des points de fusion.

(²) *Bull. Soc. Chim.*, 13, 1913, (4), p. 167. Avec bibliographie.

(³) SÄRTRYCK *ur Svenske Papperstidnig*, 50, 1947, 11 B.

(⁴) *Ann. der Chemie*, 528, 1937, p. 57.

Au surplus, Fredga rapporte dans son Mémoire de 1947 que par oxydation des principes naturels on a toujours eu un acide térébique inactif.

Lors de son travail sur l'oxydation du méthoéthylheptanonolide, Locquin ne signale que l'obtention des acides térébique et terpénylique. Notre résidu visqueux, privé le plus possible d'acide térébique, aurait donc dû être constitué par de l'acide terpénylique avec un peu d'acide térébique, c'est-à-dire être lévogyre, puisque l'acide térébique qui pouvait y rester est lévogyre et que l'acide terpénylique est dénué de pouvoir rotatoire. Or il était nettement dextrogyre, ce qui impliquait la présence d'une substance autre que les précédentes.

Comme ce résidu s'est montré incristallisable, nous avons soumis à la chromatographie sur alumine la solution benzénique obtenue en l'épuisant par 100 fois son poids de benzène bouillant; cette solution abandonna sensiblement tout son contenu sur l'alumine; on suivait la marche de l'adsorption par éclairage à la lumière de Wood, l'alumine ayant été chargée d'un peu de morin (pentahydroxyflavone). Une première élution avec benzène 9 p. et acétate d'éthyle 1 p. donna immédiatement après évaporation un résidu cristallin ayant $[\alpha]_D + 35°$ (acétone, C 0,032); l'acétate d'éthyle en donna un autre également cristallisé. En chromatographiant deux ou trois fois ces cristaux, on obtint finalement par cristallisation dans 9 p. d'un mélange de benzène et de cyclohexane 2 g de fines aiguilles F 102° qui sont l'acide *d*-homoterpénylique $C_9H_{14}O_4$.

Analyse. — Trouvé % : C, 58,2; 58,2; H, 7,65; 7,58. Calculé % C, 58,03; H, 7,58. P.M. trouvé 188; calculé 186.

Les pouvoirs rotatoires ont été les suivants : $[\alpha]_D + 60°,5$ (acétone, C 0,032); + 59° (eau, sel monosodique avec CO_3Na_2); + 21° (eau, sel disodique par ouverture de la fonction lactone avec HONa; C = 0,025). Le chauffage de la solution du sel disodique n'en a pas modifié le pouvoir rotatoire, ce qui montre que la fonction lactone s'ouvre rapidement par l'alcali et que les chauffages prolongés souvent prescrits pour l'hydrolyse sont inutiles dans ce cas, ce que l'emploi de substances actives permet de juger avec sûreté.

L'alumine dont l'acétate d'éthyle avait enlevé l'acide homoterpénylique fut ensuite éluée par de l'eau distillée chaude. C'est de cet éluat que fut alors retiré l'acide terpénylique. Il ne cristallisa d'abord qu'après plusieurs semaines, mais avec une amorce ce ne fut qu'une question d'heures. Après deux cristallisations il se présenta absolument inactif, avec les points de fusion connus : soit pour l'hydrate à 1 OH_2 54°, et pour l'acide anhydre à 89° (fusions instantanées au bloc). Il a été vérifié que le mélange de ces acides avec des échantillons provenant de l'oxydation permanganique du cétolide racémique selon Wallach [5] ne donnait aucune dépression des points de fusion.

---

(5) *Ann. der Chem.*, **277**, 1893, p. 118.

NEUROLOGIE. — *Les lésions du système nerveux central dans l'intoxication par le phosphate tri-o-crésylique.* Note de MM. **Georges Guillain, Ivan Bertrand** et Mme **Jean Godet-Guillain**.

Durant la Guerre européenne, à une époque où l'huile alimentaire était rationnée ou même faisait défaut, des personnes ont utilisé pour la préparation des aliments des huiles industrielles contenant du phosphate tri-*o*-crésylique. Dans de nombreuses industries (usines de guerre, usines d'aviation, fabriques de vernis et de peintures), on ajoute parfois du phosphate tri-*o*-crésylique aux huiles naturelles en raison de propriétés chimiques de ce corps. L'ingestion de ces huiles contenant du phosphate tri-*o*-crésylique a provoqué des intoxications signalées en France, en Allemagne et dans d'autres pays. Nous-mêmes, en 1944, avec P. Mollaret [1], à l'Académie de Médecine, avons attiré l'attention sur ces faits, ayant observé, à la Clinique Neurologique de la Salpêtrière, 12 cas d'intoxication par les huiles contenant du phosphate tri-*o*-crésylique. Ces intoxications se traduisent par des troubles intestinaux initiaux, puis, après un délai de deux à trois semaines, par des phénomènes paralytiques des membres inférieurs et supérieurs avec des amyotrophies. Ces paralysies ont été considérées par tous les auteurs comme étant la conséquence de lésions des nerfs périphériques. Toutefois, avec P. Mollaret, en nous basant sur certains symptômes cliniques (exagération des réflexes tendineux, signes d'atteinte des voies pyramidales, aspect tardif d'une sclérose latérale amyotrophique), nous avons spécifié qu'en plus de lésions des nerfs périphériques, il devait exister des lésions du système nerveux central. Nous pouvons, dans cette Note, en apporter la démonstration, car un de nos malades atteint d'une intoxication par le phosphate tri-*o*-crésylique est décédé, un an après le début de cette intoxication, à la suite d'une maladie accidentelle (obstruction intestinale par tumeur du cæcum); l'examen méthodique de l'axe nerveux nous a permis de constater des lésions qui, à notre connaissance, n'ont pas été antérieurement mentionnées.

Les lésions siègent au niveau des nerfs périphériques, de la moelle épinière, du tronc cérébral et de l'encéphale :

1° Les lésions polynévritiques sont très accentuées. Les diverses techniques de coloration de la myéline et des cylindraxes montrent la disparition des tubes nerveux qu'on peut évaluer au quart du contingent global. La méthode de Loyez décèle l'existence de gaines myéliniques moniliformes ou tronçonnées, parfois atrophiées. L'imprégnation des cylin-

(1) G. Guillain et P. Mollaret, *Bull. Acad. Médecine*, 128, 1944, p. 99-116.

draxes révèle une extension lésionnelle plus considérable au niveau de l'élément neurofibrillaire que de la gaine elle-même. Les dégénérescences évoluent sur un mode relativement lent et ne s'accompagnent pas d'une mobilisation notable de macrophages.

2° Au niveau de la moelle, les lésions de polynévrite entraînent des figures de dégénérescences rétrogrades. L'atteinte profonde des cellules radiculaires se manifeste par une certaine raréfaction, des atrophies et une hyperchromatose protoplasmique. Ces lésions sont si intenses qu'elles déterminent une atrophie manifeste de toute la corne antérieure de la moelle, réalisant un aspect « en cupule », souvent signalée dans la poliomyélite chronique ou la sclérose latérale amyotrophique. Au point de vue myélinique, la moelle ne présente aucune atteinte diffuse ou systématisée; la voie pyramidale et les cordons postérieurs sont indemnes.

3° Sur toute la hauteur du tronc cérébral, on observe des lésions dégénératives neuroganglionnaires assez discrètes, ne s'accompagnant pas de satellitose. Les olives bulbaires, si fragiles vis-à-vis des divers processus toxiques, sont ici peu touchées. Le noyau dentelé du cervelet présente quelques lésions cellulaires et un léger état spongieux.

4° Au niveau des hémisphères cérébraux, les lésions atteignent leur maximum. Déjà l'examen macroscopique montre un double ramollissement du noyau lenticulaire portant sur le segment externe du globus pallidus; ces ramollissements sont d'ailleurs limités, bien visibles sur les préparations myéliniques et renferment encore des corps granuleux dans leur partie centrale.

Il existe dans toute l'étendue des globus pallidus des dégénérescences myéliniques multiples avec état moliniforme et fragmentation des gaines. Sur les préparations avec la méthode de Nissl, les lésions neuroganglionnaires sont intenses et s'accompagnent d'une réaction gliale; la macroglie, en particulier, souvent tuméfiée et bulleuse rappelle les cellules géantes du type I d'Alzheimer. Les vaisseaux de la région ne présentent ni endartérite, ni calcification, mais on observe de nombreuses concrétions sphériques fortement basophiles, dispersées en chapelet, en rapport plus ou moins étroit avec l'adventice vasculaire. Ces infiltrats qui, par leur morphologie, rappellent le « Pseudokalk » des auteurs allemands sont strictement limités au globus pallidus.

On trouve dans le putamen une atteinte neuroglanglionnaire manifeste avec tuméfaction protoplasmique et margination nucléaire. La plupart des éléments de la glie commune sont fortement chargés de débris lipo-pigmentaires colorés en vert par la méthode de Nissl.

Au niveau de l'écorce cérébrale, et tout particulièrement dans la région frontale, on constate un état spongieux; il s'agit d'une fonte bulleuse du parenchyme nerveux, réalisant un aspect finement micropolykystique

par accolement successif des différentes cavités. Le contenu de ces bulles apparaît optiquement vide. L'état spongieux se localise tout particulièrement à la limite de la substance grise et de la substance blanche, s'accompagnant de dégénérescences myéliniques et neuroganglionnaires importantes. Ces aspects reproduisent très exactement ceux que l'on trouve dans les dégénérescences hépato-lenticulaires. Nous signalerons encore la présence fréquente, dans toute la corticalité, de volumineux éléments gliaux déjà remarqués au niveau du pallidus, mais dont le volume n'atteint pas celui de la glie monstrueuse d'Alzheimer.

Les gaines de Virchow-Robin sont légèrement distendues dans toute la corticalité, sans réaction de périvascularite; cette distension des gaines est vraisemblablement en rapport avec une certaine atrophie parenchymateuse, résultant de la disparition de nombreux éléments neuroganglionnaires.

Cet examen anatomo-pathologique de l'ensemble du système nerveux dans un cas d'intoxication par le phosphate tri-*o*-crésylique nous permet de conclure que les lésions sont loin d'être strictement d'ordre polynévritique; l'atteinte de tout le névraxe apparaît certaine et porte spécialement sur le globus pallidus et le cortex cérébral.

CHIMIE BIOLOGIQUE. — *Sur une bactérie productrice d'acide gluconique.*

Note de M. **Maurice Lemoigne** et Mme **Madeleine Croson**.

Nous avons décrit une bactérie aérobie stricte, isolée du sol, et qui se développe abondamment dans un milieu minéral ne contenant comme aliment azoté qu'un nitrate ou un sel ammoniacal, et comme aliment carboné que du 2.3-butanediol ([1]). Cette bactérie que nous appelons provisoirement *Neisseria winogradskyi* n'exige dans ces conditions ni vitamines, ni acides aminés indispensables.

Son comportement est tout autre si, dans le même milieu, on substitue le glucose au 2.3-butanediol : la culture reste insignifiante.

Nous avons recherché si le glucose peut être utilisé à la formation de microorganismes grâce à l'addition de vitamines ou d'acides aminés.

Toutes les cultures ont été faites avec la souche entretenue sur gélose contenant du 2.3-butanediol comme substrat carboné.

Dans les essais préliminaires, nous avons employé la peptone et l'autolysat de levure.

Nous ne citerons que les résultats obtenus avec l'addition de faibles doses d'autolysat.

([1]) M. Lemoigne, H. Girard et G. Jacobelli, *Ann. I. P.*, 82, 1952, p. 389.

Le milieu de culture liquide contenant du nitrate de sodium, 500 mg de glucose environ et 0 ou 40 mg d'autolysat de levure pour 100 ml, est réparti dans des flacons d'Erlenmeyer de 1 l à raison de 120 ml par flacon. Les cultures sont faites à 30°C, sur un agitateur.

Les résultats relatifs sont exprimés en opacité, mesurée au colorimètre de Meunier, en lumière bleue. Les opacités initiales ont été déduites.

Essai avec autolysat de levure (40 mg pour 100 ml).

	Opacité des cultures.			Glucose en mg/100 ml culture.			
Durée de l'essai....	15 h.	21 h.	24 h.	0 h.	15 h.	21 h.	24 h.
Glucose seul.........	6	7	9	521	477	446	426
Autolysat seul.......	18	25	27	–	–	–	–
Glucose + autolysat..	66	202	212	572	258	0	0

Cette petite quantité d'autolysat provoque un léger développement microbien aux dépens du glucose, qui est suffisant pour faire disparaître rapidement tout le glucide. Entre 21 heures et 24 heures, il ne se forme pratiquement plus de cellules et cependant 258 mg de glucose sont détruits.

Nous avons recherché si l'action de l'autolysat peut être attribuée à des vitamines.

Nous avons essayé la thiamine, la lactoflavine, l'amide nicotinique, le pantothénate de calcium, la piridoxine, l'acide *p*-amino-benzoïque, l'inositol, la biotine et l'acide folique. Tous les résultats ont été négatifs. Si une action vitaminique est en cause, elle intéresse d'autres produits.

Nous avons essayé de même une série d'acides aminés, et avons obtenu des résultats positifs avec l'acide aspartique (sous forme d'asparagine), et avec l'acide glutamique.

Nous ne citerons qu'un essai, fait avec 60 ou 30 mg d'acide glutamique, pour 100 ml de milieu.

Les conditions expérimentales sont les mêmes que dans l'essai avec autolysat de levures.

	Opacité des cultures.			Glucose en mg/100 ml milieu.				
Durée de l'essai.	15 h.	20 h.	24 h.	0.	15 h.	20 h.	24 h.	39 h.
Glucose seul........	L'opacité des cultures reste insignifiante			279	123	97	61	0
60 mg ac. glutamique seul..............	60	61	65	–	–	–	–	0
60 mg ac. glutamique + glucose.........	113	122	147	281	Traces	0	–	–
30 mg ac. glutamique seul..............	34	–	41	–	–	–	–	–
30 mg ac. glutamique + glucose.........	83	97	97	273	Traces	0	–	–

L'action de l'acide glutamique est comparable à celle de l'autolysat. La synthèse de la matière organique aux dépens du glucose reste faible, mais néanmoins nette, même avec seulement 30 mg d'acide glutamique pour 100 ml.

Et, comme avec l'autolysat, cette petite quantité de bactéries formées suffit à faire disparaître le glucose.

Dans tous les cas, il y a acidification. Mais dans ce milieu contenant 5 g de PO_4H_2K par litre, du nitrate de potassium et seulement de petites doses de glucose, le pH varie peu. Dans cet essai, il était, au plus bas, de 6,3. Cette acidification n'est donc pas la cause de l'arrêt du développement.

Avec la technique des bactéries lavées, non proliférantes, nous avons constaté au Warburg qu'une molécule de glucose fixait environ un atome d'oxygène, ce qui correspond à la formation d'acide gluconique.

Nous avons fait des cultures en milieu plus concentré, contenant du carbonate de calcium, et avons pu isoler effectivement du gluconate de calcium, caractérisé par les valeurs de son pouvoir rotatoire en l'absence ou en présence de molybdate d'ammonium ([2]).

J. P. Aubert, G. Milhaud et R. Gavard, à l'aide d'un système enzymatique préparé avec ce microbe, ont, par d'autres réactions, confirmé ce résultat ([3]).

Conclusion. — La formation biologique d'acide gluconique est connue depuis longtemps (Boutroux-Molliard). Elle est actuellement très étudiée. L'accumulation de cet acide dans des cultures d'*Aspergillus* ou de *Penicillium*, d'*Acetobacter* ou de *Pseudomonas* est même utilisée industriellement.

C'est un phénomène d'hyperglycolyse, le glucose, étant détruit plus vite que les produits de transformation ne sont utilisés pour la synthèse de la substance microbienne.

Ce déséquilibre est dû évidemment à la nature de la souche de micro-organisme employée, mais aussi pour une large part, aux conditions mêmes de la culture. On favorise l'oxydation du glucose en opérant en moût concentré et sous pression d'oxygène. On ralentit souvent la synthèse de la matière vivante en diminuant l'aliment azoté par rapport à la quantité de substrat carboné.

Il en est autrement dans le cas de *Neisseria winogradskyi*. Le milieu et les conditions de culture sont très favorables à la synthèse microbienne, puisqu'elle se réalise rapidement en présence de 2.3-butanediol.

D'autre part, la concentration en glucose peut être faible, et cependant, l'hyperglycolyse se produit.

Elle est donc due à un déséquilibre du système enzymatique de cette bactérie entretenue depuis son isolement sur 2.3-butanediol. Elle contient un enzyme qui oxyde rapidement le glucose en acide gluconique et que

---

([2]) I. Vintilesco, C. N. Ioncsco et N. Stancin, *J. Pharm. et Chim.*, 28, 1938, p. 282.

([3]) *Comptes rendus*, 235, 1952, p. 1165.

J. P. Aubert, G. Milhaud et R. Gavard ont extrait et étudié, mais les systèmes enzymatiques lui permettant d'utiliser l'acide gluconique ou le glucose par une autre voie sont déficients [3].

Nous étudions actuellement ce problème.

THÉORIE DES NOMBRES. — *Sur une formule donnant tous les nombres premiers.* Note de M. **Waclaw Sierpiński.**

M. W. H. Mills [1] a démontré l'existence d'un nombre réel A tel que le nombre EA^{3^x} est premier pour tout x naturel. MM. L. Kuipers [2] et I. Niven [3] ont donné des généralisations de cette proposition. Dans le même ordre d'idées je démontrerai d'une façon tout à fait élémentaire le théorème suivant.

Théorème. — *Il existe un nombre réel a, tel que l'on a*

$$(1) \qquad p_n = \mathrm{E}\,10^{2^n} a - 10^{2^{n-1}} \mathrm{E}\,10^{2^{n-1}} a, \qquad pour \quad n = 1, 2, \ldots,$$

p_n désignant le $n^{ième}$ nombre premier et Et *l'entier le plus grand ne dépassant pas t.*

Lemme. — *On a*

$$(2) \qquad p_n < 10^{2^{n-1}} - 1 \qquad pour \quad n = 1, 2, \ldots.$$

Démonstration du lemme. — Soit n un nombre naturel. Le nombre $p_1 p_2 \ldots p_n + 1$ a un facteur premier p et l'on a évidemment $p \neq p_i$ pour $i = 1, 2, \ldots, n$, donc $p \geqq p_{n+1}$. D'autre part on a

$$p \leqq p_1 p_2 \ldots p_n + 1, \qquad \text{d'où} \quad p_{n+1} \leqq p_1 p_2 \ldots p_n + 1.$$

Supposons que k est un nombre naturel > 1 et que la formule (2) est vraie pour $n = 1, 2, \ldots, k$ (ce qui est évidemment vrai pour $k = 1$ et $k = 2$). On aura donc

$$p_{k+1} \leqq 10^{1+2+2^2+\ldots+2^{k-2}} (10^{2^{k-1}} - 1) < 10^{2^k} - 10 < 10^{2^k} - 1,$$

ce qui prouve que la formule (2) est encore vraie pour $n = k + 1$. Elle se trouve ainsi démontrée par l'induction.

Posons maintenant

$$(3) \qquad a = \sum_{k=1}^{\infty} p_k \cdot 10^{-2^k} = 0,020\,300\,050\,000\,000\,070\ldots.$$

On a, d'après (2)

$$p_k \cdot 10^{-2^k} < (10^{2^{k-1}} - 1) 10^{-2^k} = 10^{-2^{k-1}} - 10^{-2^k},$$

(1) *Bull. Amer. Math. Soc.*, 53, 1947, p. 604.

(2) *Nederl. Akad. Wettensch.*, 53, 1950, p. 309-310.

(3) *Proc. Amer. Math. Soc.*, **2**, 1951, p. 753-755.

ce qui donne

$$\sum_{k=n+1}^{\infty} p_k . 10^{-2^k} < \sum_{k=n+1}^{\infty} (10^{-2^{k-1}} - 10^{-2^k}) = 10^{-2^n},$$

d'où

$$(4) \qquad 10^{2^n} \sum_{k=n+1}^{\infty} p_k . 10^{-2^k} < 1.$$

D'après (3) et (4) on trouve sans peine la formule (1) qui se trouve ainsi démontrée.

Il est à remarquer que la formule (1), de même que les formules de MM. Mills, Kuipers et Niven, n'est qu'une curiosité. En effet, si l'on voulait d'après la formule (1) calculer le nombre p_n, il faudrait connaître 10^{2^n} chiffres du développement décimal du nombre (3), donc il faudrait connaître les nombres $p_1, p_2, \ldots, p_n$.

ANALYSE MATHÉMATIQUE. — *Sur le rôle des domaines symétriques dans le calcul de certaines grandeurs physiques.* Note (*) de M. **Georges Polya.**

1. *Notation.* — Soit D un domaine plan simplement connexe. Nous considérons D tantôt comme la section droite d'une barre élastique, tantôt comme une plaque mince conductrice d'électricité, tantôt comme la position d'équilibre d'une membrane fixée le long de la frontière de D. Soient A l'aire de D, I son moment d'inertie polaire par rapport au centre de gravité, $\dot{r}$ son rayon conforme intérieur maximum, P la rigidité en torsion de la barre, C la capacité électrostatique de la plaque, et $\Lambda_1, \Lambda_2, \Lambda_3, \ldots$ les fréquences caractéristiques de la membrane, $\Lambda_1 \leqq \Lambda_2 \leqq \Lambda_3 \leqq \ldots$; $\Lambda_1 = \Lambda$ est la fréquence principale (1). Nous désignons par A_0, I_0, $\dot{r}_0$, P_0, C_0, $\Lambda_{1,0} = \Lambda_0$, $\Lambda_{2,0}$, $\Lambda_{3,0}$, ... les quantités correspondantes relatives à un domaine D_0.

Soient x, y et x_0, y_0 les coordonnées rectangulaires des points variables qui décrivent D et D_0, respectivement. Si x et y sont des fonctions linéaires de x_0 et y_0, D est lié à D_0 par une affinité. Si, en particulier $x = ax_0$, $y = bx_0$ où a et b sont des constantes positives, nous disons que D est lié à D_0 par une *dilatation pure* et nous appelons les axes de coordonnées les *axes de dilatation.* Enfin nous disons que D possède une symétrie rotatoire d'ordre n s'il y a une rotation d'angle $2\pi n^{-1}$ qui fait coïncider D avec lui-même.

2. Théorèmes. — I. *Si le domaine* D *est lié au domaine* D_0 *par une dilatation*

(*) Séance du 13 octobre 1952.

(1) Excepté Λ_2 et Λ_3, ces symboles sont pris dans le même sens que dans l'Ouvrage : G. Polya et G. Szegö, *Isoperimetric inequalities in mathematical physics*, Princeton, 1951, appelé I. I. dans ce qui suit.

pure et D_0 *possède un axe de symétrie également incliné aux deux axes de dilatation, on a*

(1) $$P^{-1}A^4I^{-1} \leqq P_0^{-1}A_0^4I_0^{-1}, \qquad C^2AI^{-1} \leqq C_0^2A_0I_0^{-1}, \qquad \Lambda^2A^3I^{-1} \leqq \Lambda_0^2A_0^3I_0^{-1}.$$

II. *Si* D *est lié à* D_0 *par une affinité quelconque, mais* D_0 *possède du moins trois axes différents de symétrie, les inégalités* (1) *restent valables.*

III. *Soit* $\Lambda_{1,0}$, $\Lambda_{2,0}$, $\Lambda_{3,0}$, ... *les fréquences caractéristiques d'une membrane circulaire de rayon* 1 ($\Lambda_{1,0} = 2,405$, $\Lambda_{2,0} = \Lambda_{3,0} = 3,832$, ...). *Pour un domaine* D *quelconque*

(2) $$\Lambda_1\dot{r} \leqq \Lambda_{1,0}.$$

Si D *est convexe et possède une symétrie rotatoire d'ordre non inférieur à* 3, *on a aussi*

(3) $$\Lambda_2\dot{r} \leqq \Lambda_{2,0}, \qquad \Lambda_3\dot{r} \leqq \Lambda_{3,0}.$$

Si D *est convexe et possède une symétrie rotatoire d'ordre non inférieur à* 5, *on a aussi*

(4) $$\Lambda_4\dot{r} \leqq \Lambda_{4,0}, \qquad \Lambda_5\dot{r} \leqq \Lambda_{5,0}, \qquad \Lambda_6\dot{r} \leqq \Lambda_{6,0},$$

et une symétrie rotatoire d'un ordre encore plus élevé implique des relations analogues ultérieures.

L'inégalité (2) a été démontrée auparavant (I. I., p. 97-98). L'inégalité $\Lambda_5\dot{r} \leqq \Lambda_{5,0}$ n'est pas toujours valable; en effet $\Lambda_{5,0} = 5,136$ et $\Lambda_5\dot{r} = 5,358$ pour un carré. Mais on peut démontrer que pour des domaines D quelconques, $\Lambda_n\dot{r}$ possède une borne supérieure finie qui ne dépend que de n.

3. *Applications.* — Des théorèmes I et II on peut déduire avec facilité des formules approchées en nombreux cas géométriquement simples (triangle ou parallélogramme quelconque, ellipse, quadrant d'ellipse, etc.) pour lesquelles on ne possède pas de solution « exacte ». Par exemple, soient D un triangle et a, b, c ses côtés. Alors

(5) $$\frac{4\pi^2}{\sqrt{3}A} \leqq \Lambda^2 \leqq \frac{\pi^2(a^2+b^2+c^2)}{3A^2} = \frac{12\pi^2 I}{A^3};$$

(6) $$\frac{A^2}{5\sqrt{3}} \geqq P \geqq \frac{4A^3}{5(a^2+b^2+c^2)} = \frac{A^4}{45 I}.$$

La borne supérieure pour Λ et la borne inférieure pour P découlent du théorème II appliqué à D et à D_0, un triangle équilatéral. Les bornes opposées ont été obtenues par symétrisation (I. I., p. 158). Par d'autres méthodes, on peut obtenir des limites plus resserrées pour P; en posant

$$a^2+b^2+c^2 = p, \qquad a^2b^2+a^2c^2+b^2c^2 = q, \qquad a^2b^2c^2 = r,$$

on a

(7) $$\frac{4A^3(43p^2-93q)}{3(43p^3-93pq+216r)} \geqq P \geqq \frac{28A^3(11p^2+16q)}{45(5p^3+16pq+64r)}.$$

Il suit que pour un triangle quelconque

$$A^4(45I)^{-1} \leqq P < A^4(27I)^{-1}, \tag{8}$$

et l'on doit se demander si (8) reste valable pour un domaine *convexe* quelconque (*cf.* I. I., p. 11, 111, 250, 263).

ASTRONOMIE. — *Sur la cosmogonie du système solaire.*
Note de M. **Alexandre Dauvillier.**

L'auteur montre que l'hypothèse de l'extraction individuelle et successive, à partir du Soleil, de paires de planètes jumelles, combinée avec la notion d'évaporation thermique fractionnée, en fonction des masses et des températures originelles, réfute les objections opposées aux théories de filiation, rend compte de l'abondance géochimique des éléments et de l'existence de satellites normaux aussi petits que Mimas.

Dans de précédentes Notes [1] nous avons admis que toutes les planètes, géantes et terrestres, avaient été expulsées du Soleil à l'état du même mélange homogène de Russell et qu'elles s'étaient ensuite diversifiées par évaporation thermique fractionnée, en fonction de leurs masses et de leurs températures originelles. Si nous considérons un mélange initial ayant la composition massique moyenne approximative suivante :

H....................	50	O, C, N, etc............	6
He...................	42	Fe, Si, Mg, etc..........	2

les planètes géantes conserveront la même composition que le Soleil, tandis que les planètes terrestres seront réduites au vingtième, au moins, de leur masse, par perte de H, He, C, N et Ne. La déficience bien connue de la Terre et des météorites en ces éléments est, comme nous allons le montrer, d'une profonde signification cosmogonique.

La quantité de matière extraite du Soleil n'est donc pas de 0,00134⊙ comme le veulent les théories simplement basées sur les actions de marée, mais bien, au moins, de 0,0015o. Ceci renforcerait l'objection de Spitzer [2], si cette matière avait été extraite en une seule fois, comme le pensait Jeans. D'après la théorie des jumelles, les planètes seront, au contraire, extraites par quanta successifs, ne dépassant pas, en général, le 1/60 de cette masse, pour Uranus, Neptune et les planètes terrestres, et le 1/3, dans le cas exceptionnel de Jupiter. Cette masse ne sera, par conséquent, jamais extraite de couches profondes, à haute température (10^6 °K), mais de couches externes à température voisine de celle de la photosphère. Elle sera toujours supérieure

(1) *Comptes rendus*, **230**, 1950, p. 1231; **233**, 1951, p. 901.
(2) *Astrophys. J.*, **90**, 1939, p. 675-688.

à 2.10^{27} g, limite inférieure correspondant aux jumelles de Mercure et de la planète d'Olbers, ce qui préviendra leur évaporation totale. De plus, les jumelles sont émises à la phase de la pulsation solaire (expansion) correspondant à la température superficielle minima. Nous admettons que les étoiles jumelles sont du type solaire.

Considérons donc une jumelle terrestre ayant une masse primitive de $0{,}5 \times 20 \times 6.10^{27}$ g, et une température de 4000° K, voisine de celle des taches solaires, afin de connaître son état chimique. L'abondance géochimique des gaz rares, comparée à leur abondance cosmique, montre une forte déficience en néon et une abondance normale en A 36 (A 40 est en grand excès, mais a, comme on le sait, une origine radioactive). La théorie cinétique des gaz permet alors le calcul de la vitesse critique d'évasion ($V_c = 7$ km/s) pour cette planète primitive, ce qui lui assigne un rayon 25 fois plus grand que le rayon terrestre actuel, soit une densité moyenne de l'ordre de celle de l'air normal. Jeans a, en effet, montré qu'un gaz animé d'une vitesse quadratique moyenne V_m égale aux 2/9 de la vitesse critique, V_c, ne serait dissipé qu'en un temps fort long (30.10^6 ans) devant la durée du refroidissement des planètes.

La figure représente les variations de V_m en fonction de la température absolue pour les principaux gaz légers stables vers 4000° K (ni H_2O, ni CO_2), comparées aux vitesses critiques d'évasion V_c, pour quelques satellites et quelques planètes (de Mimas à Neptune). La comparaison de ce graphique avec les informations déduites de la spectroscopie des taches solaires, nous permet alors de préciser le mécanisme d'évaporation fractionnée subie par les jumelles terrestres.

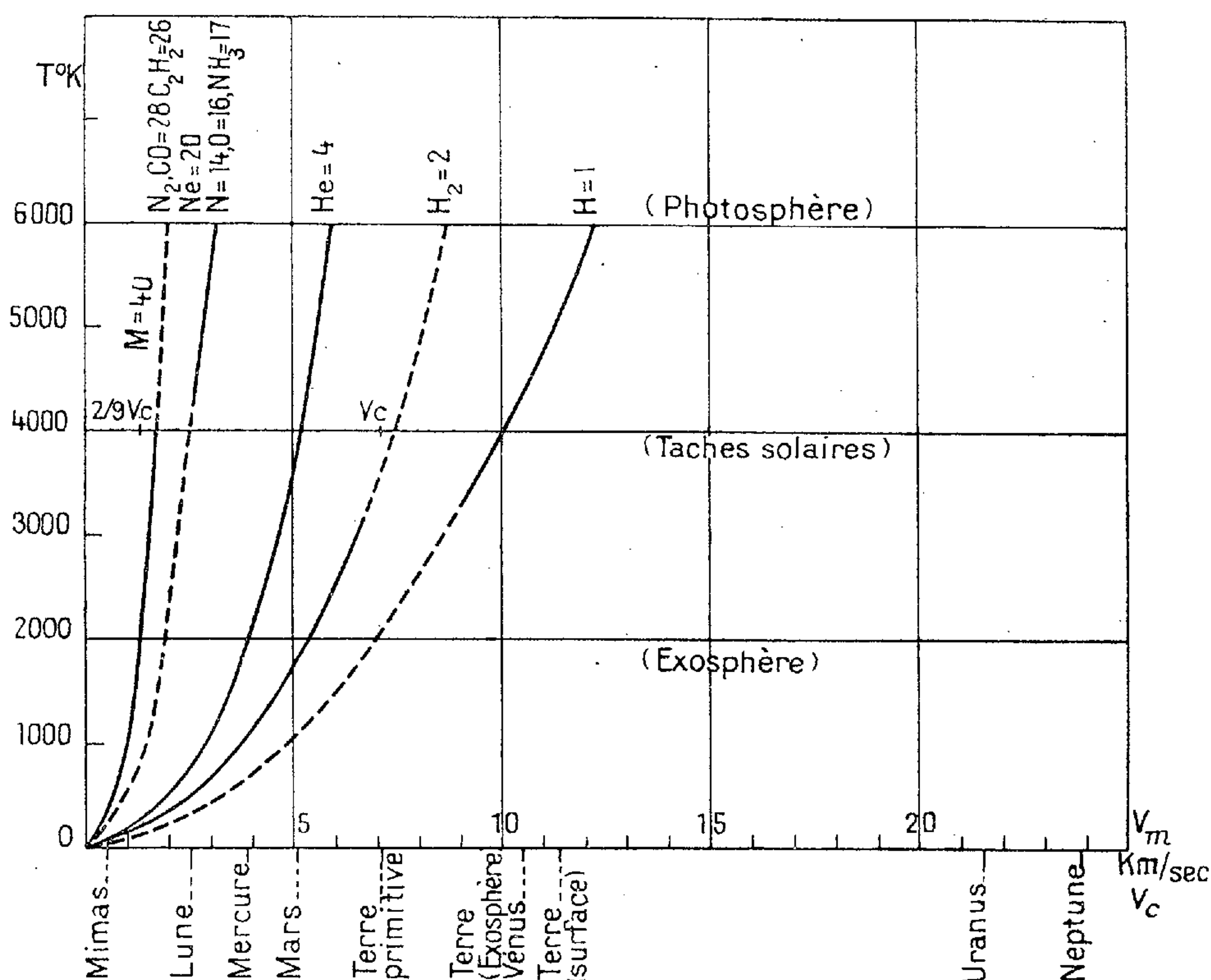
On voit que l'hydrogène n'est retenu, ni à l'état atomique ou moléculaire, ni à l'état d'hydrures légers (BH, CH, NH, OH), mais seulement d'hydrures lourds présents dans les taches (NaH, MgH, AlH, SiH, CaH). C'est ainsi que la croûte terrestre a retenu 1 % d'hydrogène constituant l'hydrosphère. Les éléments biogènes C, N, O s'échappent à l'état atomique, moléculaire et d'hydrures (CH, NH, OH, CO). Ils ne sont retenus que par leurs affinités chimiques, soit sous forme de carbures, de nitrures et d'oxydes lourds (SiO, AlO, TiO, ZrO), par conséquent, surtout, par le silicium et les alcalinoterreux. Ainsi s'explique l'abondance de l'oxygène et la rareté du carbone et de l'azote.

La triade : lithium, béryllium, bore, n'est pas à considérer ici, car ces éléments sont aussi rares sur la Terre qu'ils le sont sur le Soleil : ils sont exclus de ses régions profondes pour des raisons de chimie nucléaire. Le fluor est, aussi, fixé à l'état de fluorures lourds (MgF, SiF, SrF) présents dans les taches. Le néon s'échappe presque totalement, mais tous les éléments plus lourds sont conservés.

Vers 3000° K, la vapeur de fer occupant le centre de la planète se condense

en pluie en formant un noyau fondu environné d'une atmosphère gazeuse de silice, d'oxydes volatils et d'halogénures alcalins.

On voit sur la figure que Mimas, exclusivement formé d'éléments légers, n'a pu subsister que s'il a été extrait de jumelles géantes gazeuses, refroidies aux environs de 500° K. Si l'on admet une dissymétrie probable, d'au moins un millième, dans les grands axes des orbites elliptiques et sécantes



des jumelles, on peut calculer un temps de jonction égal à $10^3/3$ révolutions, ce qui représente 9000 ans pour Saturne et trois siècles pour la Terre. Ces durées sont de l'ordre du temps de refroidissement d'une masse gazeuse de 300.10^{27} g, riche en H_2 (1/2 Saturne), jusqu'à 500° K, et d'une masse fondue de 3.10^{27} g, privée de H_2 (1/2 Terre), jusqu'à 2 000° K, c'est-à-dire compatibles avec la formation de Mimas et de la Lune, selon le mécanisme de Darwin-Poincaré.

Ainsi, contrairement aux hypothèses d'accrétion édifiant une Terre à basse température (3), incapables de rendre compte des exigences de la géochimie, de la géogénie, de l'évolution des planètes, de l'existence d'une hydrosphère et d'une atmosphère, de la chimie et de la minéralogie des

(3) *Voir* par exemple, J. Goguel, *Ann. Géophys.*, **8**, 1952, p. 112.

météorites, la théorie des planètes jumelles rend compte de ces faits d'observation et répond aux critiques adressées aux théories basées sur la filiation. L'accrétion est aussi inadéquate pour constituer des planètes et des astéroïdes que pour édifier des comètes, des météorites ou de la poussière cosmique.

M. **Jean Chazy** s'exprime en ces termes :

J'ai l'honneur de présenter à l'Académie, de la part de notre Confrère **Jules Haag**, retenu à Besançon, un Livre qu'il vient de publier sur *les mouvements vibratoires* à un degré de liberté.

M. Haag reprend d'abord les équations différentielles classiques et linéaires des mouvements vibratoires, puis, dans ces mouvements, il étudie les perturbations, c'est-à-dire ce qu'on appelle aujourd'hui la Mécanique quasi linéaire, et enfin la Mécanique dite fortement non linéaire : la Mécanique quasi linéaire et la Mécanique fortement non linéaire sont à l'ordre du jour et en plein développement. A partir d'une base mathématique rigoureuse, M. Haag arrive à des résultats qui intéressent les praticiens, notamment les industriels de la chronométrie auprès de qui, en France et à l'étranger, son autorité est grande. C'est d'ailleurs pour répondre à des questions posées par des praticiens, que M. Haag a été conduit à ses études théoriques.

Ce Livre fait partie d'une collection des Presses universitaires de France, la Collection Euclide, dirigée par nos Confrères Charles Maurain et Maurice Caullery. Il sera suivi d'un second volume sur les mouvements vibratoires à plusieurs degrés de liberté.

M. **Selman A. Waksman** adresse un Ouvrage intitulé : *Lipman Hall. Being an Account of the Proceedings at the Dedication on June 12 th, 1951, of a Building Named in Honor of Jacob Goodale Lipman*, dans lequel il a écrit un article : *Fifty Years of Soil Microbiology at Rutgers*.

L'Ouvrage suivant est présenté par M. **Pierre-Paul Grassé** : *Histoire géologique de la Biosphère. La vie et les sédiments dans les géographies successives*, par Henri Termier et M[me] Geneviève Termier.

ÉLECTIONS.

Par la majorité absolue des suffrages, M. **Gavin Rylands de Beer** est élu Correspondant pour la Section d'anatomie et zoologie, en remplacement de M. *Theodor Mortensen*, décédé.

CORRESPONDANCE.

M. le **Maire de Noisy-le-Sec** donne communication à l'Académie d'une délibération du Conseil municipal de cette ville qui a décidé de donner le nom de **Henri Moissan** à l'une des voies de cette localité, à l'occasion du Centenaire de sa naissance.

M. le **Secrétaire perpétuel** signale, parmi les pièces imprimées de la Correspondance :

1° Union géodésique et géophysique internationale. Association de Météorologie. Réunion de Bruxelles, août 1951. *Rapports nationaux.*

2° *Navigation aérienne astronomique*, par Max Dévé et Raymond Faure.

3° Smithsonian miscellaneous collections. Vol. 118 (whole volume). Research corporation Fund. *Smithsonian Logarithmic Tables to base e and base* 10, prepared by Georges Wellington Spenceley, Rheba Murray Spenceley and Eugene Rhodes Epperson.

4° Atomic Energy Section, New York. *An international Bibliography on atomic energy.* Volume 2. *Scientific Aspects.* Supplément n° 1.

5° Bureau d'études géologiques et minières coloniales. *Carte géologique internationale de l'Afrique.* Feuilles 5, 6, 7, 8 et *Notice explicative,* par Raymond Furon et G. Daumain.

6° Une série de tirages à part concernant les travaux d'histophysiologie de M. Jacques Benoit.

ALGÈBRE. — *Sur les systèmes de polynomes différentiels.* Note de M. **Jean-Claude Herz**, présentée par M. Jacques Hadamard.

Les remarques, notations et démonstrations qui suivent visent à alléger l'exposé des fondements de la théorie algébrique des systèmes d'équations différentielles tel qu'on le trouve dans Ritt [1]. Les numéros de paragraphes auxquels on renvoie sont ceux du chapitre I de cet Ouvrage.

1. *Sur l'algorithme de réduction.* — Nous introduirons les notations p. d. (polynome différentiel); $A_1 < A_2/y_p$ (le rang de A_1 relativement à l'indéterminée y_p est inférieur à celui de A_2); $A_1 \simeq A_2/y_p$ (A_1 et A_2 sont de même rang en y_p); cl. A (classe de A); ord. A/y_p (ordre de A en y_p).

(1) *Differential algebra* (*Amer. Math. Soc. Colloq. Public.*, 33).

L'algorithme de réduction (§ 6) est indépendant de la notion de chaîne (§ 4). Il s'applique à un système quelconque de p. d. $A_1, A_2, \ldots, A_r$ de classes positives croissantes. Il consiste à remplacer, modulo l'idéal différentiel $[A_1, A_2, \ldots, A_r]$ (§ 7), un p. d. donné G par un reste R qui soit réduit par rapport à tous les p. d. $A_1, A_2, \ldots, A_r$, c'est-à-dire (§ 4) tel que, si p_i est la classe de A_i, $R < A_i/y_{p_i}$ pour tout i. Chaque opération de l'algorithme diminue le rang du p. d. donné pour une certaine indéterminée y_p sans augmenter son rang relativement aux indéterminées d'indices plus grands. Nous allons montrer *simultanément* que ces deux conditions de rang sont remplies et pour cela nous décomposerons encore chaque opération.

Nous écrirons, dans le cas où l'ordre de G en y_p est supérieur à celui de A_j (notations du § 6) :

$$A_j^{(k_1)} = S_j y_{ph} + P, \quad \text{avec} \begin{cases} S_j < A_j/y_p; & \text{cl. } S_j \leqq p; \\ \text{ord. } P/y_p < h; & \text{cl. } P \leqq p; \end{cases}$$

$$G = Q y_{ph} + N, \quad \text{avec} \begin{cases} Q < G/y_p; & Q \lessapprox G/y_{p'}; \\ \text{ord. } N/y_p < h; & N \lessapprox G/y_{p'}; \end{cases}$$

d'où

$$S_j G \equiv S_j N - PQ \quad (A_j^{(k_1)}).$$

Si l'on pose $G_1 = S_j N - PQ$, on a visiblement $G_1 < G/y_p$ et $G_1 \lessapprox G/y_{p'}$ pour $p' > p$.

Si G et A_j étaient de même ordre en y_p, on écrirait

$$A_j = I_j y_{pm}^{\alpha} + U, \quad \text{avec} \begin{cases} \text{ord. } I_j/y_p < m; & \text{cl. } I_j \leqq p; \\ U < A_j/y_p; & \text{cl. } U \leqq p; \end{cases}$$

$$G = V y_{pm}^{\alpha+\delta} + W \quad (\delta \geqq 0), \quad \text{avec} \begin{cases} \text{ord. } V/y_p < m; & V \lessapprox G/y_{p'}; \\ W < G/y_p; & W \lessapprox G/y_{p'}; \end{cases}$$

d'où

$$I_j G \equiv I_j W - y_{pm}^{\delta} UV \quad (A_j).$$

Si l'on pose $H_1 = I_j W - y_{pm}^{\delta} UV$, on a visiblement $H_1 < G/y_p$ et $H_1 \lessapprox G/y_{p'}$ pour $p' > p$, C. Q. F. D.

2. *Sur la comparaison des systèmes de* p. d. — Nous dirons, par analogie avec ce qui existe pour les p. d. et pour les chaînes (§ 4), que le système de p. d. Σ_1 est *inférieur* au système Σ_2 si une chaîne caractéristique (*characteristic set*, § 5) de Σ_1 est inférieure à une chaîne caractéristique de Σ_2 (toute chaîne caractéristique de Σ_1 est alors inférieure à toute chaîne caractéristique de Σ_2) et nous le noterons $\Sigma_1 < \Sigma_2$. De même, nous définirons deux systèmes de même rang, $\Sigma_1 \simeq \Sigma_2$. L'ensemble $\mathcal{E}$ des systèmes de p. d. est ainsi totalement préordonné. Son quotient par la relation d'équivalence $\Sigma_1 \cong \Sigma_2$ est totalement ordonné, et de plus bien ordonné; on peut donc lui appliquer l'*induction transfinie. Il en est de même pour l'ensemble* $\mathcal{E}$, dont toute partie non vide contient (au moins) un élément minimum.

3. *Sur le théorème de la base.* — La démonstration qui suit peut remplacer les deux dernières lignes du paragraphe 12 et l'intégralité des paragraphes 13 et 14. Rappelons l'énoncé du théorème : *tout système* Σ *de* p. d. *admet une base* (c'est-à-dire un sous-système fini Φ tel que $\Sigma \subseteq \{\Phi\}$). Grâce à la remarque ci-dessus, il nous suffira de montrer que, *si tout système inférieur à* Σ *a une base,* Σ *a aussi une base.* Nous utiliserons le lemme suivant :

LEMME. — *Si* $[\Sigma]$ *a une base,* Σ *a une base.*

Supposons que $[\Sigma] \subseteq \{B_1 \cup B_2 \cup \ldots \cup B_p\}$. B_i appartient à $[\Sigma]$, donc à $[\Gamma_i]$, Γ_i étant une partie finie de Σ, si bien que

$$\Sigma \subseteq \{[\Gamma_1] \cup [\Gamma_2] \cup \ldots \cup [\Gamma_p]\} = \{\Gamma_1 \cup \Gamma_2 \cup \ldots \cup \Gamma_p\}.$$

Σ admet donc comme base $\Phi = \Gamma_1 \cup \Gamma_2 \cup \ldots \cup \Gamma_p$, C. Q. F. D.

Si $[\Sigma] < \Sigma$, le théorème résulte du lemme ci-dessus. Nous supposerons donc $[\Sigma]$ de même rang que Σ. Soit $\Gamma = A_1, A_2, \ldots, A_r$ une chaîne caractéristique de Σ; Γ est caractéristique aussi pour $[\Sigma]$. Si A_1 est de classe nulle, c'est un élément non nul de $\mathcal{F}$, donc une base pour Σ. Supposons maintenant A_1 de classe positive, et soient S_i et I_i le séparant et l'initial de A_i. S_i et I_i étant différents de zéro et réduits par rapport à Γ, les systèmes $\Sigma \cup S_i$ et $\Sigma \cup I_i$ sont inférieurs à Σ, donc ont des bases $\Phi_i \cup S_i$, $\Psi_i \cup I_i$, avec $\Phi_i \cup \Psi_i \leq \Sigma$. Si l'on pose $\Phi = \bigcup_{1 \leq i \leq r} \Phi_i \cup \Psi_i$, ces systèmes admettent aussi comme bases respectives $\Phi \cup S_i$ et $\Phi \cup I_i$.

Soit A un p. d. de Σ, R son reste relativement à Γ. On a $PA \equiv R[\Gamma]$, où P est un produit de puissances des S_i et des I_i. R appartient à $[\Sigma]$; étant réduit par rapport à Γ, chaîne caractéristique de $[\Sigma]$, il est nul, d'où $PA \in [\Gamma]$.

D'autre part (§ 11),

$$A \in \{\Sigma \cup P\} = \bigcap_{1 \leq i \leq r} \{\Sigma \cup S_i\} \cap \{\Sigma \cup I_i\} = \bigcap_{1 \leq i \leq r} \{\Phi \cup S_i\} \cap \{\Phi \cup S_i\} = \{\Phi \cup P\}.$$

Il existe par conséquent un entier positif q tel que $A^q \in [\Phi] + [P]$. On a alors $A^{q+1} \in [\Phi] + [P]A$. D'après le lemme du paragraphe 10, $PA \in [\Gamma]$ entraîne que $[P]A \subseteq \{\Gamma\}$. D'où finalement $A^{q+1} \in \{\Phi \cup \Gamma\}$, et $A \in \{\Phi \cup \Gamma\}$, ce qui montre que $\Phi \cup \Gamma$ est une base pour Σ.

ALGÈBRE. — *Théorie relative des chaînes.* II. *Isocorrespondance* (¹).

Note de M. **JULIAN PETRESCO**, présentée par M. Paul Montel.

Définitions et propriétés concernant la notion d'isocorrespondance, isomorphisme particulier qui intervient dans les théorèmes de type Jordan ou de type Schreier des treillis.

(¹) Cette Note fait suite à une Note antérieure : *Comptes rendus*, 235, 1952, p. 226. On rétablira dans le texte de cette dernière, la définition correcte de la $S^{\cap}$-correspondance comme suit : deux chaînes α et β sont dites $S^{\cap}$-correspondantes si $\alpha_{\beta}^{\cap}$ et $\beta_{\alpha}^{\cap}$ sont $J^{\cap}$-correspondantes; la condition que celles-ci soient de plus $\cap$-cosaturées est superflue.

On dira, le terme appartient à M. Garett Birkhoff[2], que l'intervalle $A \subseteq A^*$ est $\cap$-*perspectif* à $B \subseteq B^*$ (ou, de façon duale que $B \subseteq B^*$ est $\cup$-*perspectif* à $A \subseteq B^*$), si $A^* = A \cup B^*$, $B = A \cap B^*$; si $A \subseteq A^*$ et $B \subseteq B^*$ s'obtiennent l'un à partir de l'autre par un nombre fini de perspectivités, on dit qu'ils sont *projectifs*, « similar » dans la terminologie de M. O. Ore [3]. On se rend compte facilement qu'*il est équivalent de dire que* $A \subseteq A^*$ *et* $B \subseteq B^*$ *sont* $\cap$-*cosaturés et* $\cap$-*correspondants ou qu'ils sont tous deux* $\cap$-*perspectifs à l'intervalle* $A \cap B \subseteq A^* \cap B^*$; *ils sont alors projectifs.*

On dira maintenant que $A \subseteq A^*$ et $B \subseteq B^*$ sont $\cap$-*isocorrespondants* si les applications

$$X \to B \cup (B^* \cap X), \qquad Y \to A \cup (A^* \cap Y),$$

où $A \subseteq X \subseteq A^*$, $B \subseteq Y \subseteq B^*$ sont *biunivoques* et *réciproques; ceci équivaut à poser les relations*

$$(\mathrm{I}^{\cap}) \qquad A \cup \{A^* \cap [B \cup (B^* \cap X)]\} = X, \qquad B \cup \{B^* \cap [A \cup (A^* \cap Y)]\} = Y.$$

Les deux intervalles sont alors *isomorphes* et $\cap$-*cosaturés*, $\cap$-*correspondants*, tandis que *les sous-intervalles se correspondant dans l'isomorphisme ainsi établi sont* $\cap$-*isocorrespondants*.

On dira en particulier que $A \subseteq A^*$ est $\cap$-*isoperspectif* à $B \subseteq B^*$ (où, de façon duale, que $B \subseteq B^*$ est $\cup$-isoperspectif à $A \subseteq A^*$), si les applications : $X \to B^* \cap X$, $Y \to A \cup Y$ sont biunivoques et réciproques, ce qui revient à poser : $A \cup (B^* \cap X) = X$, $B^* \cap (A \cup Y) = Y$; $A \subseteq A^*$ est alors isomorphe et $\cap$-perspectif à $B \subseteq B^*$, tandis que si $X_1 \subseteq X_2$ et $Y_1 \subseteq Y_2$ sont des sous-intervalles se correspondant dans l'isomorphisme ainsi établi, $X_1 \subseteq X_2$ est $\cap$-isoperspectif à $Y_1 \subseteq Y_2$.

Il est évident que partout, dans les définitions et les propriétés qui précèdent, on peut remplacer les deux intervalles par deux sous-treillis à premier et dernier élément $|A|$ et $|B|$ du treillis de référence T; un intervalle $A \subseteq A^*$ étant un sous-treillis à premier et dernier élément, nous le noterons dans les calculs $|A \subseteq A^*|$, et d'autre part, le signe = entre deux sous-treillis signifiera qu'ils sont identiques.

Notons alors par $|B^* \cap X|$, $|A^* \cap Y|$ les ensembles des éléments $B^* \cap X$, $A^* \cap Y$ où $A \subseteq X \subseteq A^*$, $B \subseteq Y \subseteq B^*$, ensembles qui sont évidemment des sous-treillis à premier et dernier élément des intervalles $B^* \cap A \subseteq B^* \cap A^*$, $A^* \cap B \subseteq A^* \cap B^*$.

Il est équivalent de dire que $A \subseteq A^*$ *et* $B \subseteq B^*$ *sont* $\cap$-*isocorrespondants ou que :*

a. $|A \subseteq A^*|$ *resp.* $|B \subseteq B^*|$ *sont* $\cap$-*isoperspectifs à* $|B^* \cap X|$ *resp.* $|A^* \cap Y|$;

---

[2] *Lattice theory* (*Amer. Math. Soc. Coll. Publ.*, 25, New-York, 1948).

[3] *Ann. of Math.*, 36, 1935, p. 406-437.

b. les applications : $(T^{\cap})$ $X^* \to A^* \cap (B \cup X^*)$, $Y^* \to B^* \cap (A \cup Y^*)$ *où* $X^* \in |B^* \cap X|$, $Y^* \in |A^* \cap Y|$ *sont biunivoques et réciproques.*

$|B^* \cap X|$ et $|A^* \cap Y|$ sont alors *isomorphes* par les applications $(T^{\cap})$, de sorte qu'une $\cap$-isocorrespondance entre $A \subseteq A^*$ et $B \subseteq B^*$ se décompose comme suit : *une* $\cap$*-isoperspectivité de* $|A \subseteq A^*|$ *sur* $|B^* \cap X|$, *suivie d'un isomorphisme* $(T^{\cap})$ *de* $|B^* \cap X|$ *sur* $|A^* \cap Y|$, *suivi enfin d'une* $\cup$*-isoperspectivité de* $|A^* \cap Y|$ *sur* $|B \subseteq B^*|$, ce qui présente une certaine analogie avec la décomposition de la $\cap$-correspondance en perspectivités, effectuée plus haut.

Si maintenant on exige que $A \subseteq A^*$ et $B \subseteq B^*$ soient $\cap$-isoperspectifs, à la fois, à $|B^* \cap X|$ et à $|A^* \cap Y|$, on obtient la notion d'intervalles *fortement* $\cap$*-isocorrespondants,* ce qui revient encore à poser les relations

$$(FI^{\cap}) \qquad \left\{ \begin{array}{ll} A \cup (B^* \cap X) = X, & B \cup (A^* \cap Y) = Y; \\ A^* \cap [B \cup (B^* \cap X)] = B^* \cap X, & B^* \cap [A \cup (A^* \cap Y)] = A^* \cap Y; \end{array} \right.$$

d'où il résulte d'ailleurs $|B^* \cap X| = |A^* \cap Y|$.

Si, de façon plus particulière encore, $|B^* \cap X| = |A^* \cap Y| = |A \cap B \subseteq A^* \cap B^*|$, les deux intervalles seront dits *strictement* $\cap$*-isocorrespondants,* ce qui équivaut aux relations

$$(SI^{\cap}) \qquad \left\{ \begin{array}{ll} A \cup (B^* \cap X) = X, & B \cup (A^* \cap Y) = Y; \\ B^* \cap (A \cup Z) = Z, & A^* \cap (B \cup Z) = Z; \end{array} \right.$$

où $A \cap B \subseteq Z \subseteq A^* \cap B^*$.

C'est ce dernier cas qui intervient effectivement dans les théorèmes classiques du type Jordan-Schreier; la notion d'isocorrespondance stricte est par ailleurs équivalente aux notions analogues introduites par A. Uzkow [4] et A. H. Livsie [5], dans les recherches sur la notion de normalité, à ceci près que l'invariance de la normalité des sous-intervalles par ces transformations en est une conséquence, comme nous le montrerons ultérieurement.

On donnera enfin la définition duale de la $\cup$*-isocorrespondance* (pouvant être également forte ou stricte) et l'on dira, de façon autoduale, que $A \subseteq A^*$ et $B \subseteq B^*$ sont *isocorrespondants,* s'ils sont à la fois $\cap$ et $\cup$-isocorrespondants. *Leurs transformations de* $\cap$*-isocorrespondance coïncident alors avec les transformations de* $\cup$*-isocorrespondance,* c'est-à-dire que

$$B \cup (B^* \cap X) = B^* \cap (B \cup X), \qquad A \cup (A^* \cap Y) = A^* \cap (A \cup Y)$$

et *ils sont de plus fortement isocorrespondants,* c'est-à-dire que

$$|B^* \cap X| = |A^* \cap Y|, \qquad |B \cup X| = |A \cup Y|.$$

---

(4) *Mat. Sbornik,* N. S. 4, (46), 1938, p. 31-43.
(5) *Mat. Sbornik,* N. S. 24 (66), 1949, p. 227-235.

ANALYSE MATHÉMATIQUE. — *Sur la construction des équations $s+f(x, y, z, p, q, r)=0$ qui possèdent un invariant du second ordre.* Note de M. **Georges Heilbronn**, présentée par M. Henri Villat.

1. Nous avons étudié dans une publication antérieure (¹) dont nous reprenons les notations, la formation des invariants du second ordre des équations :

$$(1)\qquad s+f(x, y, z, p, q, r)=0,$$

où l'une des caractéristiques est explicite. Nous appliquons ici, comme dans le travail cité ci-dessus, la théorie due à Drach (²), mais nous sommes parvenu à en compléter les résultats sur divers points.

2. *Équations linéaires.* — Ce cas peut être considéré comme traité complètement. L'équation (4) de la Note citée se simplifie ici, parce que l'on peut considérer λ comme indépendant de r. Alors C ne dépend plus de r et vérifie la seule équation

$$(2)\qquad \frac{dC}{dx}+\frac{d\lambda}{dy}=0.$$

On pose alors

$$C'=C+q\frac{\partial\lambda}{\partial p}\qquad \text{puis}\ C''=\frac{\partial C'}{\partial\theta}.$$

C'' vérifie l'équation d'Euler, relative à la variation de l'intégrale

$$\int\lambda(x, y, z, p)\,dx,$$

où $p=\partial z/\partial x$. A toute équation différentielle du second ordre que l'on sait intégrer, on pourra faire correspondre un λ et un C', donc une équation (1) et l'invariant correspondant.

3. Dans le cas où l'équation (1) est de forme quelconque en r, nous sommes parvenu à remplacer le système (D) par une équation unique. On pose

$$\frac{\partial\lambda}{\partial r}=\mu\qquad \text{et}\qquad r=\frac{\partial^2 R}{\partial\mu^2},$$

où R est fonction de x, y, z, p, μ; ce qui permet d'écrire

$$(3)\qquad D+\frac{\partial q}{\partial p}\left(\mu\frac{\partial^2 R}{\partial\mu^2}-\frac{\partial R}{\partial\mu}\right)+\frac{\partial q}{\partial\theta}\left(\mu^2\frac{\partial^2 R}{\partial\mu^2}-2\mu\frac{\partial R}{\partial\mu}+2R\right)=D_1(x, y, z, p, \theta)$$

(¹) *Comptes rendus*, **208**, 1939, p. 1380.
(²) *Atti del Congresso Int. Bologna*, VI, 1928, p. 11-25 et *Comptes rendus*, **208**, 1939, p. 1181.

et D_1 vérifie l'équation *unique* suivante :

$$
\begin{aligned}
(4)\quad & \frac{\partial D_1}{\partial x} + p\frac{\partial D_1}{\partial z} + R''\frac{\partial D_1}{\partial p} + (\mu R'' - R')\frac{\partial D_1}{\partial \theta} + \mu\frac{\partial R''}{\partial y} - \frac{\partial R'}{\partial y} + q\left(\mu\frac{\partial R''}{\partial z} - \frac{\partial R'}{\partial z}\right) \\
& + \mu R''\frac{\partial q}{\partial z} + \left(\mu\frac{\partial R''}{\partial p} - \frac{\partial R'}{\partial p}\right)\left(\frac{\partial q}{\partial x} + p\frac{\partial q}{\partial z}\right) - \left[\mu\frac{\partial R''}{\partial x} - \frac{\partial R'}{\partial x} + p\left(\mu\frac{\partial R''}{\partial z} - \frac{\partial R'}{\partial z}\right)\right]\frac{\partial q}{\partial p} \\
& + \left[\mu\frac{\partial R'}{\partial x} - 2\frac{\partial R}{\partial x} + R''\left(\mu\frac{\partial R'}{\partial p} - 2\frac{\partial R}{\partial p}\right)\right. \\
& \qquad \left. + p\left(\mu\frac{\partial R'}{\partial z} - 2\frac{\partial R}{\partial z}\right) + \left(\mu\frac{\partial R''}{\partial p} - \frac{\partial R'}{\partial p}\right)(\mu R'' - R')\right]\frac{\partial q}{\partial \theta} \\
& + \mu\left(\frac{\partial^2 q}{\partial x^2} + 2p\frac{\partial^2 q}{\partial x\,\partial z} + p^2\frac{\partial^2 q}{\partial z^2}\right) + (\mu R'' + R')\left(\frac{\partial^2 q}{\partial x\,\partial p} + p\frac{\partial^2 q}{\partial z\,\partial p}\right) \\
& + R'R''\frac{\partial^2 q}{\partial p^2} + (\mu R'' - 2R')\left(\frac{\partial^2 q}{\partial x\,\partial \theta} + p\frac{\partial^2 q}{\partial z\,\partial \theta}\right) \\
& + (2\mu R'R'' - R'^2 - 2RR'')\frac{\partial^2 q}{\partial p\,\partial \theta} + (\mu R'' - R')(\mu R' - 2R)\frac{\partial^2 q}{\partial \theta^2} = 0,
\end{aligned}
$$

où les dérivées de R par rapport à μ sont désignées par des accents. D_1 et q dépendent de x, y, z, p, θ; R, de x, y, z, p, μ. L'application de la méthode de Jacobi est donc possible, mais la complication de l'équation la rend difficile. Cette équation permet toutefois l'étude de cas particuliers et nous montre d'autre part quel est le degré de difficulté du problème.

4. *Cas de la caractéristique implicite.* — Nous avons abordé le cas tout à fait nouveau, que la méthode de Darboux-Goursat ne permettait nullement d'envisager, où l'invariant est relatif à la caractéristique implicite α. Nous avons dû nous borner au cas où il est de la forme

$$(5)\qquad A(x, y, z, p, r)\frac{\partial x}{\partial \alpha} = F(\alpha).$$

On démontre facilement :

1° que A ne peut contenir d'autre variable que x, y, z, p, r;

2° que l'équation (1) est dans ce cas nécessairement linéaire en r;

$$(6)\qquad s = a(x, y, z, p, q)r + b(x, y, z, p, q),$$

A vérifie alors l'équation

$$
\begin{aligned}
(7)\quad & \frac{\partial A}{\partial r}\left[\left(\frac{\partial a}{\partial p} + a\frac{\partial a}{\partial q}\right)r^2 + \left(\frac{\partial a}{\partial x} + p\frac{\partial a}{\partial z} + b\frac{\partial a}{\partial q} + a\frac{\partial b}{\partial q} + \frac{\partial b}{\partial p}\right)r + \frac{\partial b}{\partial x} + p\frac{\partial b}{\partial z} + b\frac{\partial b}{\partial q}\right] \\
& - A\left[\left(\frac{\partial a}{\partial p} + a\frac{\partial a}{\partial q}\right)r + \frac{\partial a}{\partial x} + p\frac{\partial a}{\partial z} + b\frac{\partial a}{\partial q}\right] + b\frac{\partial A}{\partial p} + (q - ap)\frac{\partial A}{\partial z} + \frac{\partial A}{\partial y} - a\frac{\partial A}{\partial x} = 0.
\end{aligned}
$$

Il résulte de la forme de cette équation en r, que A est, en général, linéaire en r. Nous l'avons résolue dans le cas où a et b ne dépendent que de p et q.

Nous avons également étudié certains cas particuliers; nous en citerons deux seulement :

1° a et b vérifient les deux conditions

$$\frac{\partial a}{\partial p} + a\frac{\partial a}{\partial q} = 0, \tag{8}$$

$$\frac{\partial b}{\partial p} + a\frac{\partial b}{\partial q} = 0; \tag{9}$$

A est encore linéaire en r : $A = A_1 r + B_1$ (8) s'intègre :

$$q = ap + \varphi(x, y, z, a), \tag{10}$$

où φ est arbitraire. Nous prendrons a comme variable indépendante au lieu de q. b est alors fonction de x, y, z, a seulement. A_1 et B_1 vérifient un système dont on trouve les solutions en remarquant que A_1 et B_1 ne dépendent pas de a, alors que les coefficients des équations en dépendent.

2° Dans le cas où $b = la + mq + n$, l, m, n étant des fonctions de x, y, z, p, A est de la forme $A = A_1(x, y, z, p)(r + l)$, et A_1 vérifie le système

$$\frac{\partial A_1}{\partial x} = \frac{\partial}{\partial p}\Big[(l + mp)A_1\Big], \qquad \frac{\partial A_1}{\partial y} = -\frac{\partial}{\partial p}(nA_1), \qquad \frac{\partial A_1}{\partial z} = -\frac{\partial}{\partial p}(mA_1)$$

dont les conditions d'intégrabilité constituent un système complet pour l :

$$\frac{\partial l}{\partial z} + m\frac{\partial l}{\partial p} - l\frac{\partial m}{\partial p} + \frac{\partial m}{\partial x} + p\frac{\partial m}{\partial z} + m^2 = 0, \qquad \frac{\partial l}{\partial y} + n\frac{\partial l}{\partial p} - l\frac{\partial n}{\partial p} + \frac{\partial n}{\partial x} + p\frac{\partial n}{\partial z} + mn = 0,$$

m et n devant vérifier la seule condition

$$\frac{\partial m}{\partial y} - \frac{\partial n}{\partial z} + n\frac{\partial m}{\partial p} - m\frac{\partial n}{\partial p} = 0.$$

ANALYSE MATHÉMATIQUE. — *Séries de polynomes orthogonaux se prêtant au calcul explicite des sommes de Fejer.* Note (*) de M. **Robert Campbell**, présentée par M. Joseph Pérès.

Dans ma précédente Note [1] j'ai donné une méthode de calcul explicite en termes finis des sommes de Fejer du développement d'une fonction en série de certains polynomes orthogonaux (comprenant les usuels). Dans celle-ci je propose de déterminer, réciproquement, tous les polynomes se prêtant à cette méthode. Je supposais que ces polynomes P_n, choisis normés et par conséquent liés par la relation

$$P_n(x) = l_n(x)P_{n-1}(x) - C_nP_{n-2}(x) \quad \text{avec} \quad l_n(x) = A_nx + B_n,\ C_n = \frac{A_n}{A_{n-1}}, \tag{1}$$

étaient de plus, tels que l'on eût

$$P_n(x) = f_n(x)P_{n-1}(x) - g_n(x)P'_{n-1}(x) \quad (\text{avec } f_n \text{ et } g_n \text{ non précisées}). \tag{2}$$

(*) Séance du 27 octobre 1952.

(1) *Comptes rendus*, 235, 1952, p. 773.

Cette condition devra être satisfaite et compatible avec (1). Elle n'est du reste pas suffisante, on a vu que, de plus, les quantités $u_n(x) = (2f_n - l_n)/A_n$ et $v_n = g_n/A_n$ doivent être telles que le quotient u_n/v_n soit le produit d'une fonction de n par une fonction de x, soit $\alpha(n) \times \beta(x)$. Si $\alpha(n)$ est une constante par rapport à n, c'est la somme de Fejer elle-même qui se calculera explicitement ainsi que les moyennes successives de Césaro; si $\alpha(n)$ n'est pas une constante, c'est la somme $\Sigma_1^n(\alpha_n S_n)$ qui sera explicitée ainsi que les moyennes qui en résultent.

On commence donc par déterminer les polynomes orthogonaux vérifiant (2) en éliminant les dérivées entre (1) et (2), on trouve que les $P_n(x)$ satisfont à

$$(3) \quad \left[\frac{f_{n+1} - l_{n+1}}{g_{n+1}} + \frac{l_n}{g_n}\right] P_n = \left[\frac{l_n f_n}{g_n} + \frac{C_n}{g_{n-1}} - \frac{C_{n+1}}{g_{n+1}} + A_n\right] P_{n-1} - C_n \frac{f_{n-1}}{g_{n-1}} P_{n-2}.$$

Cette relation ne sera vérifiée simultanément avec (1) que si les f_n, g_n, l_n satisfont aux deux relations :

$$(4) \quad \frac{l_n}{g_n} - \frac{l_{n+1}}{g_{n+1}} = \frac{f_{n-1}}{g_{n-1}} - \frac{f_{n+1}}{g_{n+1}},$$

$$(5) \quad \frac{l_n f_n}{g_n} + \frac{C_n}{g_{n-1}} - \frac{C_{n+1}}{g_{n+1}} + A_n = \frac{l_n^2}{g_n} + l_n\left[\frac{f_{n+1} - l_{n+1}}{g_{n+1}}\right]$$

qui constituent la condition nécessaire et suffisante pour que l'équation (2), nécessaire à l'application de la méthode, soit satisfaite. Pour le problème particulier qui nous occupe, il est utile de tirer des relations (4) et (5) les deux relations suivantes qui leur sont équivalentes :

$$(6) \quad \frac{l_{n+1} - f_{n+1}}{g_{n+1}} - \frac{f_n}{g_n} = \frac{l_n - f_n}{g_n} - \frac{f_{n-1}}{g_{n-1}} = \ldots = \frac{l_1 - f_1}{g_1} - \frac{f_0}{g_0},$$

$$(7) \quad \frac{(l_{n+1} - f_{n+1})f_n - C_{n+1}}{g_{n+1}} - \frac{(l_n - f_n)f_{n-1} - C_n}{g_{n-1}} + A_n = 0.$$

Premier cas. — $\alpha(n)$ est une constante (on appellera « constante », ici, un nombre qui ne dépend ni de x ni de n). On pose alors

$$2f_n = 2A_n Q(x) + B_n \quad \text{et} \quad g_n = A_n G(x).$$

$Q(x)$ et $G(x)$ étant indépendants de n. Ces quantités, substituées dans (7) conduisent à une alternative :

a. ou bien c'est le terme en x qui est nul, alors $(B_n/A_n) = (B_{n-1}/A_{n-1})$; et alors le terme en Q est nul aussi. $Q(x)$ est arbitraire; $G(x)$ est une constante, les P_n cherchés sont tels que $A_{n-1}^{-2} - A_n^{-2} = k =$ const., c'est-à-dire que le terme général de la suite numérique $\lambda_n = A_n^{-2}$ est une fonction linéaire de n (Exemple : si $\lambda_n = n$, on a les polynomes de Hermite).

b. ou bien c'est le terme en Q qui est nul, alors la différence $(B_n/A_n) - (B_{n-1}/A_{n-1})$ est constante, Q est arbitraire, G est linéaire en x et l'on a (C et D étant des constantes) :

$$\lambda_{n-1} - \lambda_n = C\lambda_n^{-\frac{1}{2}} B_n + D.$$

On prend pour λ_n une suite arbitraire, on en tire les B_n. [Exemple : les polynomes de Laguerre $\lambda_n = n(n+q)$.]

Deuxième cas. — $\alpha(n)$ est effectivement fonction de n; la relation (4) montre alors que les différences

$$L = \alpha(n+1) - \alpha(n) \text{ et } M = \alpha(n+1)[B_{n+1}/A_{n+1}] - \alpha(n)[B_n/A_n]$$

doivent être des constantes. On a encore une alternative

a. le rapport (B_n/A_n) ne dépend pas de n, alors $Q(x)$ est arbitraire, $G(x)$ est du second degré et l'on a

$$\alpha(n-1)\,A_{n-1}^{-2} - \alpha(n+1)\,A_n^{-2} = k' = \text{const.}$$

On prend arbitrairement la suite $\mu_n = \alpha(n)A_n^{-2}$, on en tire $LA_n^{-2} = C' + \mu_{n-1} - \mu_n$ d'où A_n et $\alpha(n)$ (Exemple les polynomes de Legendre).

b. $L = 0$, alors $\alpha(n) = \text{const}$; on est ramené au cas (1), (*b*).

THÉORIE DES FONCTIONS. — *Sur la sommation des séries divergentes.*

Note de M. **Marc Zamansky**, présentée par M. Arnaud Denjoy.

1° L'hypothèse qu'une série Σu_k est sommable par une fonction sommatoire g de la classe $\mathcal{C}_p$ entraîne que $u_n = o(n^p)$ (¹);

2° Propriétés remarquables des séries pour lesquelles la sommabilité par une fonction g de $\mathcal{C}_p$ n'entraîne pas la sommabilité (C, p).

Soit Σu_k une série numérique, $g(t)$ une fonction sommatoire de la classe $\mathcal{C}_p$. Nous savons que si $T_x(g) = \sum_{k \leq x} g(k/x)\,u_k$ converge pour $x\,\infty$ et si la transformée de Mellin $M(g, s)$, de la fonction égale à g pour $0 \leq t \leq 1$, nulle ailleurs, n'a pas de zéros dans le demi-plan $\mathcal{R} \geq z0$, Σu_k est sommable par la $p^{\text{ième}}$ moyenne de Cesaro (C, p).

Ce résultat peut être sensiblement amélioré, en montrant d'abord que $u_n = o(n^p)$. Il apparaît d'autre part qu'un problème important est la recherche des séries « exceptionnelles », nous entendons par là, les séries qui sont sommables par $g \in \mathcal{C}_p$ et non par (C, p), ni par suite par aucune autre moyenne de Césaro. Bien qu'elles ne soient définies qu'à l'addition près d'une série sommable (C, p), on peut en obtenir des propriétés précises.

1° *Sommation avec un paramètre continu ou entier et majoration de u_n.* — Si Σu_k est sommable pour une fonction de $\mathcal{C}_p$ avec un paramètre continu, soit $g(t) = \sum_0^m a_q t^q$ un polynome entier équivalent à cette fonction. $g^{(p)}$ est alors

(¹) *Voir* Delange et Zamansky, *Comptes rendus*, **234**, 1952, p. 1025.

la première dérivée non nulle pour $t=1$. Posons $g(t,\ t')=\sum_0^m a_q t^q t'^{m-q}$.

On a alors

$$T_n[g_\nu^{\nu}[t,\ 1)]=o(n^\nu) \qquad (\nu=1,\ 2,\ \ldots,\ m).$$

On en déduit que quel que soit l'entier fixe μ positif ou négatif : $\sum_0^n g[k/(n+\mu)]u_k=o(1)$. En particulier $g[(n+1)/n]u_n=o(1)$ d'où $u_n=o(n^p)$.

Inversement les hypothèses : $g^{(p+1)}$ bornée, $u=1$ est zéro d'ordre p de g, $u_n=o(n^p)$ et $T_n(g)$ converge, entraînent : $T_x(g)$ converge (ces hypothèses ne sont pas les meilleures).

En particulier on voit ainsi que si $g(0)=1$, $g^{(p+1)}$ est bornée et si $g^{(p)}$ est la première dérivée non nulle pour $t=1$, il y a équivalence entre les hypothèses : « $T_x(g)$ converge » d'une part et « $T_n(g)$ converge et $u_n=o(n^p)$ » d'autre part.

2° *Séries exceptionnelles.* — Soit $g_1\in\mathcal{C}_0$ (le cas où $g_1\in\mathcal{C}_p$ se ramène à $\mathcal{C}_0$). On suppose que g_1 est continue pour $0\leqq t\leqq 1$, $g(0)=1$, $g(1)\neq 0$, que g' existe pour $0<t\leqq 1$ et que la variation totale de g'_1 sur $(\varepsilon,\ 1)$ est $o(\varepsilon^{\alpha-1})$ pour un $\alpha>0$. On peut remplacer g_1 par un polynome entier g non nul pour $t=1$, tel que $M(g,\ s)$ ait ses zéros dans la bande $0\leqq \mathcal{R}z\leqq 1$. Soient $z_1,\ \ldots,\ z_m$ ces zéros distincts ou non et supposons Σu_k divergente et sommable (g).

Si Q est un procédé de sommation de Σu_k, appelons « série de Q » (relativement à Σu_k), la série $\Sigma[T_n(Q)-T_{n-1}(Q)]$. Désignons par $R\circ Q$ le procédé de sommation qui consiste à appliquer à la série de Q le procédé R. On a

$$g\sim Q_m\circ Q_{m-1}\circ\ldots\circ Q_1$$

où

$$Q_\nu=\left(\frac{1}{z_\nu}+1\right)(1-u)-\frac{1}{z_\nu} \qquad (\nu=1,\ 2,\ \ldots,\ m).$$

Lors de chacune de ces opérations, on est amené à étudier la somme des n premiers termes d'une série, dont on sait que :

ou bien elle est sommable par le procédé Q_ν;

ou bien la $n^{\text{ième}}$ somme fournie par Q_ν est pour $n\infty$, $\sim Cn^z$;

ou bien elle est sommable par une moyenne logarithmique itérée un certain nombre de fois (ce cas ne pouvant se produire que si $M(g,\ s)$ a des zéros à parties réelles nulles).

On obtient alors le résultat suivant :

Lorsque $\sum_1^\infty u_k$ *est sommable par* $g\in\mathcal{C}_0$*;*

ou bien $\sum_1^\infty u_k$ *converge;*

ou bien $\sum_{1}^{n} u_k$ *est équivalent pour* $n\infty$ *à une combinaison linéaire d'expressions* $n^{\zeta}(\log n)^{\mu}$ (*où* ζ *est un zéro de la transformée de Mellin de* g, *d'ordre au moins égal à* μ);

ou bien $\sum_{1}^{\infty} u_k$ *est sommable par une moyenne logarithmique itérée.*

On remarquera que :

1° Si $\sum_{1}^{n} u_k = n^{z_0}(\log n)^q$ ($0 \leq \mathcal{R} z_0 < 1$), Σu_k est sommable par tout procédé g dont la transformée de Mellin admet z_0 pour zéro d'ordre q; si $\mathcal{R} z_0 = 0$, Σu_k est aussi sommable par la moyenne logarithmique itérée q fois.

2° Les résultats précédents s'appliquent aux moyennes de Haussdorff [2].

CALCUL FONCTIONNEL. — *Sur les ensembles convexes dans l'espace linéaire où aucune topologie n'est admise. Corps convexes.* II. Note (*) de MM. **William D. Berg** et **Otton Martin Nikodym**, présentée par M. Arnaud Denjoy.

On donne une démonstration du théorème énoncé à la fin de la Note précédente [1]. On définit les notions d'ensemble linéairement fermé et d'ensemble linéairement borné. On montre que le plus petit ensemble convexe G, contenant deux corps convexes E, F linéairement fermés et linéairement bornés, peut être non fermé linéairement, et G peut être non linéairement borné, même si E, F le sont.

Nous reprenons les notions et notations de la Note précédente. Par *base de Hamel* de L nous entendons un ensemble H de vecteurs indépendants, tel que si $x \neq \theta$, on a une représentation unique $x = \Sigma_i \lambda_i e_i$ ($i = 1, 2, \ldots, n$; $n = 1, 2, \ldots$) où $\lambda_i \neq 0$ et $e_i \in H$. La base H existe toujours.

Voici la démonstration du théorème énoncé à la fin de la Note précédente. On peut supposer que $\theta \in E^*$ et que la base $H = \{e_n\}$ de L est dénombrable. Soit $\lambda_n > 0$ tel que $\langle -\lambda_n e_n, \lambda_n e_n \rangle \subseteq E$. Soit $U(x)$ la fonctionnelle linéaire dans L, définie par $U(e_n) = n/\lambda_n$. L'hyperplan $\{x \mid U(x) = 0\}$ possède la propriété désirée; en effet $|U(x)|$ est non borné sur E. Remarquons qu'il existe, dans le même L, un ensemble convexe F pour lequel plat $F = L$, $F^* = \Lambda$. En effet, conv(θ, e_1, e_2, ...) est un tel ensemble. Chaque face de F est à dimension finie.

6. Un ensemble $A \subseteq L$ s'appelle *linéairement fermé* (l. f.) si, pour chaque

(2) *Voir* Rogosinski, *Proc. Camb. Phil. Soc.*, 38, 1942, p. 166 et suiv.

(*) Séance du 3 novembre 1952.

(1) *Comptes rendus*, 235, 1952, p. 1005.

droite l, $A \cap l$ est fermé dans la topologie naturelle de l, il s'appelle *linéairement borné* (l. b.), si $A \cap l$ est toujours contenu dans un segment borné. La *clôture linéaire forte de A* (c. l. A) est définie comme $\cap F(A \subseteq F, A$ l. f.). [Cette clôture correspond à la « core topology » de V. L. Klee Jr. (²).]

7. Si E, F sont des corps convexes linéairement fermé et linéairement borné, convexe (E, F) peut être non linéairement fermé. Exemple : soit $\{e_n\}$ un système orthonormal et complet d'un espace réel, séparable et complet de Hilbert. Soit $\mu_n > 0$, $\Sigma_{n=1}^{\infty}\mu_n < +\infty$. Posons $x'_n = e_1 - 1/n . e_2 + \Sigma\mu_i e_i$, $x''_n = - e_i - 1/n . e_2 - \Sigma\mu_i e_i$ $(i = 3, 4, \ldots, n; n = 3, 4, \ldots)$. Posons

$$A' = \text{conv}(x'_3, x'_4, \ldots), \qquad A'' = (x''_3, x''_4, \ldots),$$

et définissons $E' = \text{conv}(S + e_1 - 2e_2; A')$, $E'' = \text{conv}(S - e_1 - 2e_2; A')$, où S est la sphère fermée de rayon 1, centrée en θ. Posons $V = \text{var}(e_1, e_2, \ldots)$. Les ensembles $E = V \cap E'$, $F = V \cap E''$ ont la propriété désirée.

8. Si E, F sont des corps convexes l. b., $\text{conv}(E, F)$ peut être non linéairement borné. Pour prouver ceci, signalons le lemme : Soit L un espace abstrait, L', W deux sous-variétés linéaires d'un espace complet $\mathfrak{H}$ de Hilbert, tels que L et L' soient algébriquement isomorphes et L' partout dense dans $\mathfrak{H}$. Soit $S' = \{x \mid 1 \geq \|x\|\}$. [L'image D isomorphe de $D' = (W + S) \cap L'$ est un corps convexe dans L]. Pour que D soit linéairement borné il faut et il suffit que $\overline{W} \cap L' = (\theta)$. (Remarquons que $\mathfrak{H}$ peut être remplacé par un espace de Banach). Soit maintenant $\{e(\alpha)\}$ une base de Hamel de L et considérons comme un système orthonormal et complet de $\mathfrak{H}$, ($\mathfrak{H}$ est l'espace « hilbertisé » de L). Soit $p = \Sigma_\alpha \lambda_\alpha e(\alpha)$ où $p \in \mathfrak{H}$, mais $p \overline{\in} L$. Soit $p' = 2\lambda_1 e(1) - p$; soient W, W' des sous-variétés de $\mathfrak{H}$ telles que $p \in W$, $p' \in W'$, $\overline{W} \cap L = (\theta)$, $\overline{W'} \cap L = (\theta)$, par exemple W, W' peuvent être des droites. En vertu du lemme $E = (W + S) \cap L$, $F = (W' + S) \cap L$ sont des corps convexes linéairement bornés, mais $G = \text{conv}(E, F)$ n'est pas linéairement borné, parce que $\text{ray}[\theta, e(1), \rightarrow] \in G$. Géométriquement E, F résultent de S par « translations » dans des directions n'existant pas dans L.

MÉCANIQUE DES FLUIDES. — *Oscillations amorties d'une sphère dans un fluide visqueux*. Note (*) de M. **Jacques Valensi** et Mlle **Claire Clarion**, présentée par M. Joseph Pérès.

La théorie de Stokes relative au mouvement du pendule à sphère est précisée et complétée dans le cas d'oscillations d'amplitude finie, grâce à l'emploi de paramètres de similitude et en utilisant les résultats de l'expérience.

Les expressions théoriques données par O. E. Meyer pour la pulsation ω et

(²) *Duke Math. J.* **18**, 1951, p. 443-466.

(*) Séance du 27 octobre 1952.

l'amortissement λ dans le mouvement libre d'une sphère oscillant au sein d'un fluide visqueux et rappelée à sa position d'équilibre par une force élastique linéaire sont bien connues. On peut les simplifier notablement en introduisant la pulsation ω_p que prendrait la sphère dans un fluide parfait de même masse spécifique que le fluide réel.

On fait ainsi apparaître dans les expressions de ω/ω_p et de λ/ω_p deux paramètres de similitude $\mathfrak{S}$ et m dont l'un $\mathfrak{S}$ est essentiel.

On a $\mathfrak{S} = R^2\omega_p/\nu$ et $m^2 = 1 + 2\rho'/\rho$, avec R le rayon de la sphère, ρ' sa masse spécifique, ρ et ν la masse spécifique et le coefficient de viscosité cinématique du fluide.

Pour m supérieur à 2 et $\mathfrak{S}$ supérieur à 100, $(1/2)(\lambda/\omega)$ et λ^2/ω^2 sont négligeables devant 1 et $(\omega/\omega_p)^{1/2}$ peut être confondu sans erreur sensible avec 1.

Les expressions de O. E. Meyer peuvent alors très simplement se déduire d'une équation différentielle du deuxième ordre à coefficients constants qui s'écrit

$$(1)\qquad (M + M')\ddot{x} + f_1\dot{x} + kx = 0$$

avec M la masse oscillante et avec pour M' et f_1 des expressions tirées de celles données par Stokes et Lamb pour la masse hydrodynamique et le coefficient d'amortissement et déduites de l'intégration des équations de Navier-Stokes en négligeant les termes non linéaires.

Ces expressions s'écrivent :

$$(2)\qquad M' = \rho V\left(\frac{1}{2} + \frac{9}{2\sqrt{2}}\mathfrak{S}^{-\frac{1}{2}}\right),$$

$$(3)\qquad f_1 = \frac{9}{2\sqrt{2}}\rho V\omega_p\left[\mathfrak{S}^{-\frac{1}{2}} + \sqrt{2}\,\mathfrak{S}^{-1}\right].$$

Les mesures que nous avons effectuées avec des sphères de différent rayon, oscillant dans des liquides de différente viscosité montrent que dans le domaine exploré caractérisé par $2 < m < 3$ et $20 < \mathfrak{S} \leq 50000$, les résultats théoriques représentent bien des phénomènes réels, pourvu que l'on se limite au cas des oscillations d'amplitude infiniment petite.

Dans le cas d'oscillations d'amplitude finie, les expériences montrent que pour un R, un $\mathfrak{S}$ et un m donnés, le quotient $\theta_n = (A_n - A_{n+1})/(x_n - x_{n+1})$ avec $A_n = x_n/x_{n+1}$ (x_n et x_{n+1} étant deux élongations maxima successives d'un même côté), est indépendant de n.

Il y a lieu de penser, dans ces conditions en se basant sur les calculs de Kryloff et Bogoliuboff, que dans le cas d'oscillations finies, l'équation différentielle représentant très approximativement les phénomènes réels sera obtenue en ajoutant au premier membre de l'équation (1) un terme supplémentaire $f_2|\dot{x}|\dot{x}$.

L'intégration approchée de l'équation ainsi modifiée qui est licite dans le domaine exploré permet de trouver par comparaison avec l'expérience l'expression semi-empirique de f_2 qui s'écrit :

$$(4) \qquad f_2 \simeq 0,177 \frac{\rho V}{R} \frac{m^2 + \frac{9}{\sqrt{2}} \mathfrak{S}^{-\frac{1}{2}}}{m \mathfrak{S}^{\frac{1}{4}}}.$$

D'ailleurs dans le domaine exploré ω/ω_p garde l'expression déduite du calcul de Meyer, tandis que le λ/ω_p de Meyer correspond à l'amortissement pour les oscillations d'amplitude infiniment petite.

Enfin on constate que lorsque $\mathfrak{S}$ augmente, $M'/\rho V$ tend asymptotiquement vers la valeur 1/2 correspondant au fluide parfait.

Il est intéressant de comparer, pour un m donné et pour différentes valeurs de $\mathfrak{S}$ et de l'élongation, l'importance relative des modules des termes en $\dot{x}$ et $\dot{x}^2$ de l'équation modifiée.

MÉCANIQUE DES FLUIDES. — *Limitation des gradients, et de leur dérivée logarithmique dans les ondes de choc, par les formules de Chapman.* Note (*) de M. **Serge Travers**, présentée par M. Joseph Pérès.

Appliquées à l'écoulement unidimentionnel supersonique, les formules publiées par Chapman en 1939 pour l'anisotropie de pression et le flux de chaleur dans un gaz monoatomique non uniforme, limitent par rapport à la vitesse quadratique moyenne et au libre parcours moyen, le gradient maximum dans la discontinuité principale, et la dérivée logarithmique du gradient à l'entrée d'une onde de choc intense.

1° Appelons T la température absolue correspondant conventionnellement à la vitesse quadratique moyenne C, p la pression, ρ la densité, χ la conductibilité calorifique et η la viscosité correspondant à T, u la vitesse d'écoulement suivant l'axe x dirigé vers l'intérieur de l'onde de célérité U et de grand nombre de Mach M, q le flux négatif de chaleur, $(p_n - p)$ l'anisotropie positive de pression. Les conditions de permanence pour la fonction de répartition des vitesses d'agitation moléculaire donnent [1] approximativement : q comme la somme du terme classique $-\chi(dT/dx)$, de termes en $(\eta^2/\rho T)(dT/dx)(du/dx)$ et $(\eta^2/\rho u)(du/dx)^2$, et de termes en $-(\eta^2/\rho T)u(d^2T/dx^2)$ et $(\eta^2/\rho)(d^2u/dx^2)$; $(p_n - p)$ comme la somme du terme classique $-(4/3)\eta(du/dx)$, de termes en $(\eta^2/p)(du/dx)^2$ et $(\eta^2/\rho T^2)(dT/dx)^2$, et de termes en $(\eta^2/p)u(d^2u/dx^2)$ et $(\eta^2/\rho T)(d^2T/dx^2)$.

Contrairement à la plupart des auteurs [2], et à Chapman lui-même, nous

(*) Séance du 3 novembre 1952.

(1) Chapman et Cowling, *Mathematical Theory of non uniform Gases*, 1939, p. 265.

(2) Notamment Herpin, *Théorie générale des ondes de choc* (*Mémorial de l'Artillerie française*, 1952, p. 892).

ne ferons pas disparaître préalablement, de q la dérivée seconde $(d^2 T/dx^2)$ et de $(p_n - p)$ la dérivée seconde $(d^2 u/dx^2)$, par des transformations valables seulement pour les écoulements quasi isentropiques, non pour les ondes intenses en cause ici.

2° Dans la discontinuité principale, au gradient maximum, la dérivée seconde correspondante est nulle, et l'autre négligeable, les maxima de gradients de température et de vitesse s'écartant peu, comme ma thèse [3] l'a montré.

Écrivons $(p_n - p)/p = -(4/3)(\eta\, du/p\, dx) + K(\eta\, du/p\, dx)^2$, K étant voisin de 3. L'anisotropie relative $(p_n - p)/p$ est nécessairement inférieure à 2 dans un gaz, donc $\eta\, du/p\, dx$ est nécessairement limité.

En posant $l = (3\eta/\rho C)$, $(\eta/p) = (l/C)$, l est voisin d'un libre parcours moyen, et du/dx ne peut guère dépasser $0,4(C/l)$ dans les ondes intenses, où tous les gaz se compriment d'abord comme s'il étaient monoatomiques, de façon à ce que l'anisotropie relative de pression ne dépasse guère l'unité. La dérivée logarithmique de la température doit rester inférieure à l'inverse de l.

3° A l'entrée de l'onde, là où $[M^2(p_n - p)/p] < 1$, les gradients, proportionnels comme les variations à une même fonction exponentielle, sont très faibles, mais ont même dérivée logarithmique finie $1/i$.

Les produits et carrés des dérivées premières sont négligeables, mais la somme des termes aux dérivées secondes peut l'emporter sur le terme classique du gradient.

Suivant les formules de Chapman, un rapport acceptable des variations de température et de volume rend positives les sommes des termes aux dérivées secondes, d'une part pour $-q$, d'autre part pour $(p_n - p)$.

Appelons τ le rapport, très grand comme M^2, de $(T - T_0)/T_0$ à $1 - \omega = (U - u)/U$,

$$p_n - p \sim \frac{4}{3}\frac{\eta^2 U}{p}\frac{d^2 u}{dx^2} + \frac{2\eta^2}{\rho T}\frac{d^2 T}{dx^2} = \frac{4}{3}\frac{\eta^2 U}{p}\frac{d^2 u}{dx^2}\left[1 - \frac{9\tau}{10 M^2}\right].$$

Comme $U(d^2 u/dx^2) < 0$ et $p_n - p > 0$, il faut que τ soit supérieur à $10 M^2/9$ tout en étant inférieur à $15 M^2/9$ (tangente à l'origine de la parabole).

$$q \sim -5,6\frac{\eta^2}{\rho T}\frac{d^2 T}{dx^2} + \frac{2\eta^2}{\rho}\frac{d^2 u}{dx^2} = -5,6\frac{\eta^2}{\rho T}\frac{d^2 T}{dx^2}\left(1 + \frac{0,35}{\tau}\right) \sim -5,6\frac{\eta^2}{\rho T}\frac{d^2 T}{dx^2}.$$

La conservation de l'énergie donne avec

$$c\Delta T \sim -\frac{q}{\rho_0 U}, \qquad c i^2 \rho_0^2 T_0 = 5,6\eta^2, \qquad 2cT_0 = C^2, \qquad 2l^2 = \frac{9i^2}{5,6}, \qquad l^2 \sim 0,8 i^2.$$

---

(3) TRAVERS, *Thèse*, Paris, 1951; *Mémorial de l'Artillerie française*, 1951; Eyrolles, 1952.

La valeur de τ doit conserver la quantité de mouvement

$$(p_n - p) + (p - p_0) = \rho_0 U^2 (1 - \omega)$$

$$-\frac{4}{3}\frac{\eta^2}{p} U \frac{d^2 u}{dx^2}\left(\frac{9}{10}\frac{\tau}{M^2} - 1\right) + p_0 \left\{\frac{T - T_0}{T_0} + (1 - \omega)\right\} = p_0 U^2 (1 - \omega)$$

$$\frac{4}{3}\frac{l^2}{i^2}\frac{U^2}{C^2}\left(\frac{9}{10}\frac{\tau}{M^2} - 1\right) + \tau + 1 = \frac{5}{3} M^2, \qquad \tau \sim 1{,}47 M^2 < \frac{15}{9} M^2.$$

4° En employant les valeurs ainsi trouvées $(9\tau/10 M^2 - 1) \backsim 0{,}35$ et $i \backsim 1{,}1\, l$ pour $M > 10$, le rapport de la somme des termes aux dérivées secondes au terme classique se trouve voisin de $0{,}2 M$ pour $(p_n - p)$ et de M pour q. Quand $M \to 30$, le terme classique devient donc négligeable à l'entrée de l'onde, et c'est la somme des termes aux dérivées secondes qui limite la dérivée logarithmique $1/i$ au voisinage de l'inverse d'un libre parcours moyen.

5° Physiquement, la validité d'une formule de Chapman reste douteuse quand les dérivées secondes y sont prépondérantes. Mais nous venons de montrer que l'application ne présente pas de difficulté mathématique dans la discontinuité principale ou même au départ. Si Zoller ([4]) a trouvé dans la discontinuité principale pour $M > 5$ des termes correctifs décuples des termes classiques, et non environ égaux, ce serait par une méprise équivalant à un emploi injustifié des valeurs initiales des coefficients, valeurs beaucoup trop faibles pour la température de la discontinuité. Les anomalies signalées par cet auteur à l'entrée des ondes de $M > 1{,}3$ proviennent sans doute de l'emploi pour q d'une formule assez différente de celle publiée par Chapman en 1939, pour rendre incompatibles au départ une conductibilité efficace positive et une viscosité efficace positive.

AÉROTECHNIQUE. — *Applications nouvelles de l'anémomètre à fil chaud.* Note de M. **Gottfried Dätwyler**, présentée par M. Théodore de Kármán.

La sensibilité d'un fil chaud (sans pertes de chaleur aux supports par conduction métallique) aux fluctuations $\sqrt{\overline{u^2}}$ de la vitesse U de l'air est donnée par ([1])

$$\varepsilon_U = \left(\frac{\partial E}{\partial U}\right)_I = \frac{I \alpha_0 R_0}{U\left(\dfrac{1}{\dfrac{\nu_m}{b}} - \dfrac{1}{n}\left[\dfrac{1}{\dfrac{\lambda_m}{a}} + \dfrac{\dfrac{1}{\alpha_0} + t_a}{\left(\dfrac{1}{\alpha_0} + t\right)(t - t_a)}\right]\right)}.$$

La sensibilité aux fluctuations $\sqrt{\overline{t^2}}$ de la température t_a de l'air est obtenue

([4]) *Zur Struktur des Verdichtungsstosses* (*Z. Physik*, **130**, 1951, p. 21-22).

([1]) *Comptes rendus*, **229**, 1949, p. 977.

par différentiation partielle de l'expression du bilan thermique du fil chaud par rapport à la température t_a de l'air, soit

$$\varepsilon_t = \left(\frac{\partial E}{\partial t_a}\right)_1 = I\,\alpha_0 R_0 \frac{1-(t-t_a)\left(\dfrac{1}{\dfrac{\lambda_m}{a}} - \dfrac{n}{\dfrac{\nu_m}{b}}\right)}{1+(t-t_a)\left(\dfrac{1}{\dfrac{\lambda_m}{a}} - \dfrac{n}{\dfrac{\nu_m}{b}} - \dfrac{1}{\dfrac{1}{\alpha_0}+t}\right)}.$$

Avec ces expressions les problèmes suivants peuvent être étudiés.

1° La mesure de la turbulence cinématique peut être falsifiée par la présence d'une turbulence thermique.

De la tension fluctuante moyenne totale de l'anémomètre

$$\sqrt{\overline{e^2}} = \sqrt{\varepsilon_U^2\,\overline{u^2} + \varepsilon_t^2\,\overline{t^2} + 2\,\varepsilon_U \varepsilon_t\,\overline{ut}}$$

est évaluée la turbulence cinématique par division par ε_U, donc

$$u^* = \sqrt{\overline{u^2} + \left(\frac{\varepsilon_t}{\varepsilon_U}\right)^2 \overline{t^2} + 2\,\frac{\varepsilon_t}{\varepsilon_U}\,\overline{ut}}$$

ou, en introduisant la corrélation k

$$u^* = \sqrt{\overline{u^2} + \left(\frac{\varepsilon_t}{\varepsilon_U}\right)^2 \overline{t^2} + 2k\,\frac{\varepsilon_t}{\varepsilon_U}\sqrt{\overline{u^2}}\sqrt{\overline{t^2}}}.$$

On a

$$\frac{\varepsilon_t}{\varepsilon_U} = U\,\frac{\left[1-(t-t_a)\left(\dfrac{1}{\dfrac{\lambda_m}{a}} - \dfrac{n}{\dfrac{\nu_m}{b}}\right)\right]\left[\dfrac{1}{\dfrac{\nu_m}{b}} - \dfrac{1}{n}\left(\dfrac{1}{\dfrac{\lambda_m}{a}} + \dfrac{\dfrac{1}{\alpha_0}+t_a}{\left(\dfrac{1}{\alpha_0}+t\right)(t-t_a)}\right)\right]}{1+(t-t_a)\left(\dfrac{1}{\dfrac{\lambda_m}{a}} - \dfrac{n}{\dfrac{\nu_m}{b}} - \dfrac{1}{\dfrac{1}{\alpha_0}+t}\right)}$$

$$= U.\mathfrak{I} \sim \frac{-U}{n(t-t_a)}$$

approximation pour les cas $(t-t_a)\to 0$, mais valable tout généralement si $(t-t_a) < 400$ °C.

Donc

$$u^* = \sqrt{\overline{u^2} + U^2\mathfrak{I}^2\,\overline{t^2} + 2kU\mathfrak{I}\sqrt{\overline{u^2}}\sqrt{\overline{t^2}}}.$$

La valeur correcte serait $\sqrt{\overline{u^2}}$. Le rapport entre les deux, avec

$$\frac{\sqrt{\overline{u^2}}}{U} = u', \qquad \text{est} \quad \frac{u^*}{\sqrt{\overline{u^2}}} = \sqrt{1 + \mathfrak{I}^2\frac{\overline{t^2}}{u'^2} + 2k\mathfrak{I}\frac{\sqrt{\overline{t^2}}}{u'}}.$$

En présence de fluctuations thermiques la turbulence cinématique mesurée sera donc fonction de la température du fil chaud, donc fonction du courant

de chauffage de ce dernier, et différera de la valeur correcte excepté sous condition que

$$|\mathfrak{F}| = \frac{2ku'}{\sqrt{\overline{t^2}}} \sim \frac{1}{n(t-t_a)}.$$

2° Il a été proposé ([2]) d'utiliser l'indication du minimum de la turbulence thermique par le fil chaud pour déterminer si un thermomètre à résistance sous forme dudit fil chaud dans un écoulement à température élevée t_a possède exactement cette température moyenne. Le chauffage de la sonde dans ce cas est nécessaire pour compenser ses pertes de chaleur par rayonnement, etc.

Ici la tension fluctuante moyenne totale de l'anémomètre est évaluée comme étant l'effet des fluctuations thermiques seules, c'est-à-dire elle est divisée par ε_t, ce qui donne

$$t^* = \sqrt{\left(\frac{\varepsilon_U}{\varepsilon_t}\right)^2 \overline{u^2} + \overline{t^2} + 2k\frac{\varepsilon_U}{\varepsilon_t}\sqrt{\overline{u^2}}\sqrt{\overline{t^2}}}.$$

Puisque $t \to t_a$, $(t - t_a) = \delta \to 0$, on a

$$\frac{\varepsilon_U}{\varepsilon_t} \sim \frac{-n\delta}{U} \to 0,$$

et

$$t^* = \sqrt{(n\,\delta)^2 u'^2 + \overline{t^2} - 2kn\,\delta u' \sqrt{\overline{t^2}}}$$

qui a un minimum pour la valeur

$$\delta = \frac{\sqrt{\overline{t^2}}}{u'}\,\frac{k}{n}$$

égale à zéro seulement sous condition que $k = 0$ ou $\overline{t^2} = 0$.

La proposition citée ci-dessus est donc à préciser correspondamment.

MÉCANIQUE PHYSIQUE. — *Influence des phénomènes de fatigue sur le module d'élasticité des aciers.* Note de MM. **André Kovacs** et **Pierre Laurent**, présentée par M. Pierre Chevenard.

Divers auteurs ([1]) ont montré que la flèche prise par une éprouvette soumise à un essai de flexion rotative ou alternée, varie avec le nombre de cycles. Ce résultat paraît indiquer une variation du module d'élasticité; une méthode pour déterminer la limite de fatigue est d'ailleurs basée sur cette constatation ([2]).

([2]) *Comptes rendus*, **233**, 1951, p. 131.

([1]) *Voir*, notamment, Lazan, *A. S. M.*, 1950, p. 499.

([2]) *Voir*, notamment, Fotiadi, *Rev. Métall.*, 1947, p. 12.

Mais, si l'on peut interpréter le fait en considérant que cette modification traduit un changement des propriétés intrinsèques du métal conféré par la fatigue, il est également permis de le relier à une variation dans le champ des contraintes.

Si la première hypothèse est exacte, le changement du module doit s'observer aussi dans l'essai par traction-compression; dans le deuxième cas, il doit disparaître.

Pour éclaircir ce point, nous avons entrepris des expériences sur un acier nickel-chrome de construction, après divers traitements thermiques. Les éprouvettes étaient incorporées dans une colonne vibrant longitudinalement à sa fréquence propre, de l'ordre de 150 Hz.

La partie cylindrique de l'éprouvette avait une section de 0,2 cm^2 et une longueur de 4 cm. Nous avons mesuré la fréquence d'après la durée de 10 000 alternances; ainsi, le module de l'éprouvette était mesuré avec une précision de 0,8 %.

Quels que soient la charge et le nombre de cycles, nous n'avons pu observer le moindre changement du module.

En conclusion, il nous semble que les variations de flèche observées dans les essais par flexion rotative ou alternée, sont dues à une modification progressive de la répartition des contraintes, résultant de l'hétérogénéité initiale.

MÉCANIQUE DES SOLS. — *Sur le tassement d'une couche d'argile sous l'effet d'une force concentrée.* Note de M. **Jean Mandel**, présentée par M. Albert Caquot.

Dans une précédente Note (1) nous avons donné la solution du problème du tassement d'une couche d'argile sous l'effet d'une force concentrée P s'exerçant à la surface du sol et normale à celle-ci, en admettant que, dans l'état d'équilibre final, la distribution des contraintes était celle que définissent les formules de Boussinesq. Ceci n'est exact que si les couches encaissantes ont mêmes coefficients d'élasticité que la couche d'argile. Nous admettions aussi, comme conséquence de l'hypothèse précédente, que sur les deux faces de la couche le cisaillement ne varie pas au cours du tassement.

Nous avons repris le problème en supposant que les couches encaissantes ont des coefficients d'élasticité différents de ceux de la couche d'argile et en admettant sur les faces de la couche d'autres conditions à la limite.

En généralisant un calcul dû à Burmister, nous obtenons pour la dilatation cubique à l'intérieur de la couche d'argile dans l'état d'équilibre final une

---

(1) *Comptes rendus*, 232, 1951, p. 209.

expression de la forme

$$(1)\qquad \theta_\infty = -\frac{P(1-2\sigma)}{2\pi\mu}\int_0^\infty [\varphi(mh)e^{-my}+\psi(mh)e^{my}]\,J_0(mr)\,m\,dm,$$

μ est le deuxième coefficient de Lamé, σ le coefficient de Poisson de l'argile, r, y désignent les coordonnées dans le plan méridien passant par la ligne d'action Oy de la force P. Le plan $y=0$ est la face supérieure de la couche d'argile, h la distance de cette face à la surface du sol. J_0 est la fonction de Bessel d'ordre zéro. Lorsque la couche d'argile a une épaisseur infinie :

$$\psi(mh)=0,\qquad \varphi(mh)=g(mh);$$

en posant

$$(2)\qquad g(mh)=(1-N_2)\frac{e^{mh}-N_1(1-2mh)\,e^{-mh}}{e^{2mh}-(N_1+N_2+4N_1m^2h^2)+N_1N_2e^{-2mh}}$$

$$N_1=\frac{\mu_1-\mu}{\mu_1+\mu(3-4\sigma_1)},\qquad N_2=\frac{\mu_1(3-4\sigma)-\mu(3-4\sigma_1)}{\mu_1(3-4\sigma)+\mu},$$

μ_1, σ_1 sont les coeficients de la couche qui surmonte l'argile.

En supposant alors que sur les deux faces de la couche d'argile il n'y ait aucun déplacement radial au cours de la consolidation, on obtient pour le tassement à la distance r et au temps t l'expression

$$(3)\quad \mathcal{T}(r,t)=\mathcal{T}(r,\infty)-\frac{P(1-2\sigma)}{2\pi\mu a}\int_0^\infty \chi(mh)\sum_{k=1,3,5,\ldots}\left[\frac{2n_k}{m^2+n_k^2}\right]^2 e^{-(m^2+n_k^2)ct}\,ch(ma)\,J_0(mr)\,m\,dm,$$

où

$$\chi(mh)=\varphi(mh)e^{-ma}+\psi(mh)e^{ma},\qquad n_k=k\frac{\pi}{2a},$$

$2a$ est l'épaisseur de la couche.

Pour une couche infiniment mince, cette formule conduit au même résultat que la méthode approchée classique de M. Terzaghi. Il n'en est pas de même pour une couche épaisse. Pour une couche d'épaisseur infinie, on obtient

$$(4)\qquad \mathcal{T}(r,t)=\mathcal{T}(r,\infty)-\frac{P(1-2\sigma)}{4\pi\mu}\int_0^\infty g(mh)f(m\sqrt{ct})\,J_0(mr)\,dm,$$

où $g(mh)$ est donné par (2) et

$$(5)\qquad f(m\sqrt{ct})=\frac{2}{\sqrt{\pi}}\left[(1+2u^2)\int_u^\infty e^{-x^2}dx-ue^{-u^2}\right],\qquad u=m\sqrt{ct}.$$

Si, au lieu d'admettre qu'il n'y a pas de déplacement radial, on admet que le cisaillement sur les deux faces de la couche ne varie pas au cours de la consolidation, on retrouve une expression de la forme (4), mais $f(m\sqrt{ct})$ dépend dans ce cas du coefficient de Poisson σ de l'argile. Pour $\sigma=0{,}5$ on retrouve l'expression (5).

Par application du principe de superposition on déduit facilement des

formules précédentes le tassement au centre d'un cercle de rayon R sur la surface duquel est répartie uniformément une force totale P. L'intégration dans l'aire du cercle conduit à remplacer simplement dans les formules (3) et (4) $J_0(mr)$ par $2J_1(mR) : mR$.

PHYSIQUE MATHÉMATIQUE. — *Variants intégraux associés aux équations hyperboliques linéaires*. Note de M. **Frans H. van den Dungen**, présentée par M. Joseph Pérès.

Nous avons montré ([1]) que l'intégrale de la fonction u étendue à l'aire S atteinte à l'instant t par l'onde émise par S_0 à l'instant t_0, constitue un variant intégral qui satisfait à une équation différentielle ordinaire dont le type dépend de l'équation aux dérivées partielles régissant la fonction u.

On peut former une infinité de variants intégraux dont l'expression générale est celle du moment

$$\text{(A)} \qquad \iint_S x^k y^l u \, dS \qquad (k,\ l = 0,\ 1,\ 2,\ \ldots).$$

Chacun de ces variants est un polynome en t, dans le cas de l'équation classique des ondes, dont les coefficients sont les variants $(k', l' \leq k, l)$ calculés à l'instant initial en fonction des données de Cauchy f et g sur S_0 ; les axes x et y sont choisis de façon quelconque une fois pour toutes.

Si l'on calcule la transformée de Fourier

$$\text{(B)} \qquad F(t; p.q) = \iint_{-\infty}^{+\infty} \exp(ipx + iqy)\, u(t)\, dx\, dy,$$

le variant est proportionnel au coefficient du terme en $p^k q^l$ dans le développement de (B) en série double entière. Il s'ensuit que l'équation différentielle du variant se déduit aisément de l'équation différentielle (en t) à laquelle F doit satisfaire. On voit donc que, tout au moins au point de vue formel, la solution $u(t)$ peut être calculée en fonction de la suite des variants (A). On peut d'ailleurs remplacer les moments par les expressions semblables aux « semi-invariants » de Thiele utilisés en Statistique, que l'on obtient en développant log F en série double.

Dans nos raisonnements, nous avons supposé que sur le contour c_0 limitant S_0, la fonction u et ses dérivées premières sont nulles. Lorsque les dérivées premières sont discontinues sur c_0 les équations de propagation de ces discontinuités assurent encore l'existence des variants. Lorsque la discontinuité atteint u, il faut tenir compte des équations particulières de propagation d'une telle discontinuité. En voici un *exemple :* l'écoulement linéarisé à une dimen-

([1]) *Comptes rendus*, 235, 1952, p. 532.

sion d'un fluide incompressible satisfait aux équations

$$\frac{\partial\eta}{\partial t} + h_0\frac{\partial v}{\partial x} + u_0\frac{\partial\eta}{\partial x} = 0, \qquad \frac{\partial v}{\partial t} + u_0\frac{\partial v}{\partial x} + g\cos\alpha\frac{\partial\eta}{\partial x} + 2bgu_0v = 0,$$

où η est le remous de la ligne d'eau et v la survitesse; les constantes h_0, u_0, α et b caractérisent la profondeur et la vitesse du mouvement permanent, la pente du thalweg et le coefficient de Chézy. Si le remous s'étend de x_1, à x_2, on doit avoir pour ces deux abscisses

$$w - u_0 = h_0\frac{v}{\eta} = g\cos\alpha\frac{\eta}{v},$$

où w est la vitesse de déplacement du ressaut. Compte tenu de ces relations, les premiers variants sont encore

$$U_0 = \int_{x_1}^{x_2} v\,dx, \qquad H_0 = \int_{x_1}^{x_2} \eta\,dx.$$

Introduisons les transformées de Fourier

$$F = \int_{-\infty}^{+\infty} e^{ipx}\eta\,dx, \qquad G = \int_{-\infty}^{+\infty} e^{ipx}v\,dx.$$

On déduit dès lors des équations

$$\frac{dF}{dt} = ip\,h_0\,G + ip\,u_0\,F, \qquad \frac{dG}{dt} = ip\,u_0\,G + ip\,g\cos\alpha\,F - 2\,bg\,u_0\,G,$$

les équations différentielles des variants successifs

$$\frac{dH_0}{dt} = 0, \qquad \frac{dH_1}{dt} = h_0\,H_0 + u_0\,U_0,$$

$$\frac{dU_0}{dt} = -2\,bg\,u_0\,U_0, \qquad \frac{dU_1}{dt} = h_0\,U_0 + g\cos\alpha\,H_0 - 2\,bg\,u_0\,U_1,$$

et ainsi de suite.

PHYSIQUE THÉORIQUE. — *Forces s'exerçant sur les lignes de courant usuelles des particules de spin* 0, 1/2 *et* 1 *en théorie de l'onde-pilote.* Note de M. **Jean-Pierre Vigier**, présentée par M. Louis de Broglie.

On étend les calculs de M. L. de Broglie [1] sur le courant de Gordon aux courants $\varphi^{+}\beta^{\mu}\varphi$ tirés des équations $\beta^{\mu}D_{\mu}\varphi - \mu\varphi = 0$ où les β^{μ} satisfont aux relations de commutations habituelles. On en déduit des expressions simples pour les forces, qui permettent de passer à l'interprétation de la double solution en théorie unitaire.

Dans une Note récente M. Louis de Broglie [2] a étendu ses anciennes

(1) L. de Broglie, *Comptes rendus*, **187**, 1927, p. 1118.
(2) L. de Broglie, *Comptes rendus*, **235**, 1952, p. 557.

conceptions de l'onde-pilote en choisissant comme lignes de courant des lignes différentes des lignes de courant habituelles, tangentes en chaque point au courant de Dirac.

A l'exemple de M. D. Bohm [3] nous proposons au contraire de considérer ces lignes de courant comme trajectoires réelles possibles et d'étendre le calcul au cas des particules de spin 0 et 1.

Partons des équations d'ondes écrites sous la forme

$$\hbar D_\nu \beta^\nu \varphi + \mu\varphi = 0, \tag{1}$$

avec $D_\nu = \partial_\nu - i\varepsilon A_\mu$, $\mu = m_0 c$ et $\varepsilon = e/\hbar c$. Les courants correspondants $j^\nu = \varphi^+ \beta^\nu \varphi$ transformés à l'aide des équations (1) et compte tenu des relations de commutation s'écriront si l'on pose $I^{\mu\nu} = \beta^\mu\beta^\nu - \beta^\nu\beta^\mu$ et $F_{\nu\rho} = \partial_\nu A_\rho - \partial_\rho A_\nu$:

$$j_\nu = \frac{1}{\mu}\left[\hbar(\partial_\nu\varphi^+\varphi - \varphi^+\partial_\nu\varphi) + i\varepsilon A_\nu \varphi^+\varphi + \frac{\hbar}{4}\partial_\alpha\varphi^+ I^\alpha{}_\nu\varphi\right] \tag{2}$$

dans le cas des particules de Dirac ($\beta^\mu\beta^\nu + \beta^\nu\beta^\mu = 2\delta^{\mu\nu}$) et

$$j_\nu = \frac{1}{2\mu}\left[\hbar(\partial_\nu\varphi^+\varphi - \varphi^+\partial_\nu\varphi) + 2i\varepsilon A_\nu\varphi^+\varphi + \hbar\,\partial_\alpha\varphi^+ I^\alpha{}_\nu\varphi - \frac{i\varepsilon\hbar^2}{\mu}F_{\alpha\rho}\varphi^+\beta_\alpha\beta_\nu\beta_\rho\varphi\right] \tag{3}$$

dans le cas des particules de Petiau-Kemmer ($\beta^\mu\beta^\nu\beta^\rho + \beta^\rho\beta^\nu\beta^\mu = \beta^\mu\delta^{\nu\rho} + \beta^\rho\delta^{\nu\mu}$).

Dans tous les cas introduisons avec MM. de Broglie et Bohm une fonction auxiliaire S à l'aide des relations

$$\Psi_k = a_k e^{-i\frac{S+\Theta_k}{\hbar}} = e^{-i\frac{S}{\hbar}}\Phi_k \tag{4}$$

où k désigne les composantes des spineurs. Les courants s'écriront alors :

$$j_\nu = 2i\frac{\varphi^+\varphi}{\mu}\left[\partial_\nu S + \left\{\varepsilon A_\mu + \frac{\hbar}{2i\varphi^+\varphi}(\partial_\nu\Phi^+\Phi - \Phi^+\partial_\nu\Phi) + \frac{\hbar}{8i\varphi^+\varphi}\partial_\alpha\varphi^+ I^\alpha{}_\nu\varphi\right\}\right] \tag{5}$$

et

$$j_\nu = \frac{i\varphi^+\varphi}{\mu}\left[\partial_\nu S + \left\{\varepsilon A_\nu + \frac{\hbar}{2i\varphi^+\varphi}(\partial_\nu\Phi^+\Phi - \Phi^+\partial_\nu\Phi) + \frac{\hbar}{2i\varphi^+\varphi}\partial_\alpha\varphi^+ I^\alpha{}_\nu\varphi - \frac{\varepsilon\hbar^2}{i\mu\varphi^+\varphi}F_{\alpha\rho}\varphi^+\beta_\alpha\beta_\nu\beta_\rho\varphi\right\}\right], \tag{6}$$

soit, en introduisant la vitesse d'univers u_ν colinéaire à $j_\nu (u^\nu u_\nu = 1)$, en posant $P_\nu =$ termes { } dans (5) et (6) et en écrivant à l'exemple de M. de Broglie

$$M_0 = [(\varphi^+\beta_\nu\varphi)(\varphi^+\beta^\nu\varphi)]^{\frac{1}{2}}(2i\varphi^+\varphi)^{-1}\mu'$$

($\mu' = \mu$ pour Dirac et 2μ dans les autres cas) :

$$M_0 u_\nu = \partial_\nu S + P_\nu. \tag{7}$$

---

(3) D. Bohm, Communication privée.

On en déduit tout de suite l'équation de Lagrange. En effet :

$$\frac{d}{ds}M_0 u_\nu = u^i \partial_i M_0 u_\nu = u^i \partial_i(\partial_\nu S - P_\nu) = u^i \partial_\nu(\partial_i S - P_\nu) + u^i(\partial_i P_\nu - \partial_\nu P_i)$$
$$= \partial_\nu M_0 + u(\partial_\nu P_i - \partial_i P_\nu),$$

compte tenu de la définition des u_ν. Il en résulte que tout se passe comme si la particule était soumise à :

— un potentiel invariant M_0 ;

— un potentiel quadrivecteur P_ν.

Dans le cas de Dirac on retrouve bien l'expression simple de Bohm :

$$M_0 = [(\varphi^+\varphi)^2 + (\varphi^+\varphi^5\varphi)^2]^{\frac{1}{2}}(2i\varphi^+\varphi)^{-1}\mu,$$

compte tenu des identités de Pauli.

Passons maintenant à l'interprétation de la double solution ([4]). Introduisons l'onde physique à singularité U qui définit une particule liée aux $g_{\mu\nu}$ de l'espace par la relation :

$$g_{\mu\nu} = \varepsilon_{\mu\nu} + \lambda\theta_{\mu\nu}(u^+, u), \tag{8}$$

où $\varepsilon_{\mu\nu}$ désigne les valeurs galiléennes des $g_{\mu\nu}$, λ une fonction de forme, $\theta_{\mu\nu}$ le tenseur énergie impulsion canonique symétrique de Belinfante-Rosenfeld. Posons

$$U_k = \left(a_k(r) + \frac{b_k(r)}{r}\right)\exp\left(-i\frac{S+\theta_k}{\hbar}\right); \qquad \text{où} \quad \varphi_k = a_k \exp\left(-i\frac{S+\theta_k}{\hbar}\right)$$

satisfait à (1), r désignant la distance d'Univers à une ligne singulière L; les b_k étant déterminés de telle façon que $g_{\mu\nu} = \varepsilon_{\mu\nu} - 2m/r + \lambda\theta_{\mu\nu}(\varphi^+, \varphi)$. Lorsque ces $g_{\mu\nu}$ satisfont aux équations de la relativité, L coïncide avec une géodésique de $\mathring{g}_{\mu\nu} = \varepsilon_{\mu\nu} + \lambda\theta_{\mu\nu}(\varphi^+, \varphi)$ qui se confond avec la ligne de courant $\varphi^+\beta^\nu\varphi$ pourvu que $\lambda(L) = \mu'(\varphi^+\varphi M_0)^{-1}$.

De tels $g_{\mu\nu}$ définissant des particules élémentaires conformes aux conceptions de M. de Broglie. On passe au point de vue statistique en désignant par φ_L l'onde physique liée à une trajectoire L et en construisant une onde régulière $\Psi_k = A_k \exp[-i(\alpha_{k/\hbar})]$ telle que

$$A_k(L) = a_k(L), \qquad \partial_\mu A_k(L) = \partial_\mu a_k(L), \qquad \alpha_k(L) = S + \theta_k \qquad \text{et} \qquad \partial_\mu \alpha_k = \partial_\mu(S + \theta_k),$$

sur chaque trajectoire L possible. On peut montrer alors que cette onde décrit correctement l'ensemble statistique des particules astreintes à suivre la congruence des trajectoires L.

([4]) J.-P. VIGIER, *Comptes rendus*, 235, 1952, p. 869.

MÉTROLOGIE. — *A propos de la détermination précise de l'accélération due à la pesanteur : rôle complexe de la viscosité des gaz.* Note de M. **Pierre Vernotte**, présentée par M. Albert Pérard.

Pour déterminer g par la méthode de la chute libre en atmosphère raréfiée, il faut, pour tenir compte de la viscosité en mouvement *non* uniforme, introduire deux termes correctifs que l'on élimine, l'un par extrapolation à la pression nulle, et l'autre par divers procédés dont l'emploi d'un deuxième gaz.

M. Charles Volet a présenté au monde scientifique, et expérimenté, une méthode de mesure de g extrêmement remarquable en ce qu'elle ne repose, théoriquement, que sur l'application la plus simple de la loi fondamentale de la dynamique, à savoir la chute d'un solide dans le vide, mesurée avec la perfection que permet aujourd'hui la technique; et il semble bien que ce soit la méthode de l'avenir. Malheureusement, ainsi qu'il est arrivé dans plusieurs cas, lorsque l'on veut obtenir avec la méthode la très haute précision qu'elle paraît pouvoir donner, on se heurte à des phénomènes accessoires qui introduisent alors de graves difficultés. Nous nous proposons d'indiquer dans la présente Note, comment on pourrait y parer.

Le véritable obstacle gît dans la viscosité du gaz où s'opère la chute. On peut bien tenter d'en éliminer l'effet en opérant à pression faible et variable et extrapolant à la pression nulle. En réalité, on n'arrive ainsi qu'à simplifier le problème de la résistance du gaz, car à faible pression le nombre de Reynold ne correspond plus qu'au régime visqueux bien moins complexe (si l'on a pris soin de supprimer toute arête vive), mais la viscosité restant longtemps indépendante de la pression, l'extrapolation n'aboutit pas. Aux pressions extrêmement faibles la résistance prendrait une loi très compliquée et ne deviendrait vraiment négligeable qu'à des pressions que les circonstances expérimentales semblent rendre pratiquement inaccessibles.

En fait, même en régime visqueux, la loi de la résistance n'est pas connue, et quand bien même le corps en chute serait une sphère, la formule de Stokes ne serait pas valable, le mouvement n'étant pas uniforme. A notre connaissance, une telle étude théorique n'a pas été faite et les donnée expérimentales sont maigres. On peut chercher le type de la loi de résistance par des considérations dimensionnelles. Au terme $\mathrm{A}l v \eta$ du mouvement uniforme ajoutons le « terme d'accélération » $\mathrm{B}v^{\alpha}\gamma^{\beta}\rho^{\delta}\eta^{\varepsilon}l^{\lambda}$ ayant les dimensions d'une force et où nous pouvons affirmer que α, β, ε sont positifs. Les cinq exposants sont déterminés par les trois équations.

$$\delta+\varepsilon=1, \qquad \alpha+\beta-3\delta+\varepsilon+\lambda=1, \qquad -\alpha-2\beta-\varepsilon=-2.$$

Essayons de compléter par cette double hypothèse : le terme en question représentant des effets d'inertie, γ et ρ interviennent avec le même exposant

($\beta=\delta$) comme dans la loi fondamentale de la dynamique, et la masse de fluide freinant par inertie est proportionnelle à la surface présentée ($\lambda=2$). Cela donne $\alpha=\beta=\delta=\varepsilon=1/2$, et le second terme correctif est de la forme $Bl^2\sqrt{v\gamma\rho\eta}$.

Il en résulte, dans l'équation donnant le déplacement x en fonction du temps t, non seulement le terme en t^3 signalé et évalué par nous et dont les mesures de M. Volet ont confirmé l'ordre de grandeur, mais aussi un terme en $t^{5/2}$ dont nous ne savons rien. Seulement, la théorie faite le rend proportionnel à la racine carrée de la pression p, de sorte qu'il est sans doute négligeable aux pressions très réduites utilisées et qu'à tout le moins il est facile de l'éliminer par *extrapolation* à la pression nulle pourvu qu'on représente les résultats en fonction de $\sqrt{p}$ et *non* de p. Comme seul subsiste alors le terme $Alv\eta$, on peut, soit le calculer *a priori* si, comme l'avait envisagé M. Volet, l'objet qui tombe est une sphère, soit en tenir compte sous la forme d'un terme en t^3 si l'on dispose d'un nombre assez grand de points expérimentaux, soit enfin l'éliminer en répétant la mesure dans un gaz de viscosité nettement différente (hydrogène), et contrôler toutes ces spéculations en usant d'un troisième gaz (argon et même CO_2).

THERMODYNAMIQUE. — *Application de la méthode de fusion des racines à l'étude de la stabilité du réglage automatique d'un échangeur thermique*. Note (*) de M. **Pierre-Louis Dubois-Violette**, présentée par M. Gustave Ribaud.

On règle la température de sortie d'un liquide réchauffé par la condensation de la vapeur d'eau. L'impédance de transfert de l'installation s'exprime au moyen de fonctions entières auxquelles la méthode de fusion des racines s'applique. La discussion de la stabilité du réglage est simple, car seule la plus petite des racines est finalement à considérer. On montre alors l'efficacité du réglage par action proportionnelle qu'une correction dérivée de sens normal peut encore améliorer.

Dans l'échangeur que nous prenons comme exemple, une huile circulant à l'intérieur d'un tube d'acier est réchauffée par la condensation, à l'extérieur du tube, d'un courant de vapeur d'eau, dont le débit Q est utilisé comme grandeur de réglage. La température de sortie du liquide est la grandeur réglée.

I. Notations et hypothèses. — μ et C désignent les masse et chaleur spécifiques du liquide, ρ et γ les grandeurs correspondantes relatives au tube, dont les rayons intérieur et extérieur sont R et R', la longeur L. Il est en outre commode de considérer le paramètre sans dimension $\alpha=(\rho/\mu)\times(\gamma/C)\times(R'^2-R^2)/R^2$, dont la valeur numérique est habituellement comprise entre 1 et 3. Le débit en masse du liquide est noté Q_0.

(*) Séance du 3 novembre 1952.

Dans les discussions relatives au réglage, nous assimilerons le coefficient de transmission de chaleur h du tube au liquide à sa valeur moyenne. Rappelons que dans le cas d'un liquide visqueux, dont la viscosité varie assez rapidement avec la température, h ne dépend, en régime laminaire, que de la puissance 0,14 du coefficient de viscosité [1].

En régime permanent : Θ_0, $\Theta_{(y)}$ et Θ_L désignent les températures du liquide dans les sections droites du tube, dont les distances à la section d'entrée sont respectivement $y=0$, y et L. La température Θ_1 du tube est considérée comme uniforme.

En régime transitoire : la partie variable de la grandeur considérée est représentée par la lettre minuscule correspondante, affectée du même indice.

Enfin nous désignerons par Λ le quotient $Q_0 C/2\pi Rh$, homogène à une longueur, et par T la constante de temps $\mu CR/2h$.

II. Impédance de transfert de l'échangeur. — 1° La distribution de la température du liquide est liée à la température du tube par l'équation aux dérivées partielles :

$$\Lambda \frac{\partial(\Theta+\theta)}{\partial y} + T\frac{\partial\theta}{\partial t} + \Theta + \theta = \Theta_1 + \theta_1. \qquad (1)$$

En utilisant la transformation de Laplace pour intégrer (1), on obtient l'expression de $\theta_L(p)$ en fonction de $\theta_1(p)$.

2° Négligeant les pertes de l'échangeur et la capacité calorifique de la vapeur devant celle du tube, le bilan des échanges de chaleur s'établit ainsi par unité de temps :

$$A q - 2\pi R h \int_0^L (\theta_1 - \theta)\, dy = \rho\gamma\pi(R'^2 - R^2)\, L \frac{d\theta_1}{dt}. \qquad (2)$$

L'expression de $\theta_L(p)$ en fonction de $q(p)$ résulte finalement de (1) et (2). On obtient, comme cas particulier, la variation $\Delta\Theta_L$ qui correspond, en régime permanent, à la variation de débit fixe ΔQ.

3° Rapportant $q(p)$ à ΔQ et $\theta_L(p)$ à $\Delta\Theta_L$, l'impédance de transfert de l'installation, égale à l'inverse du rapport de transmission [2], se calcule sans difficulté et se présente sous la forme du quotient $f(p)/g(p)$ de deux fonctions entières appartenant à la classe à laquelle s'applique la méthode de fusion des racines.

III. Discussion de la stabilité du réglage. — 1. *Réglage par action proportionnelle.* — Le critère d'enlacement des racines [2] s'applique ici à la fonction $F(p) = f(p) + rg(p)$, r désignant, suivant une notation déjà utilisée [2], le taux de réaction du réglage. Compte tenu des ordres de

---

(1) W. H. Mc Adams, *Transmission de la chaleur*, 1950, p. 220, Dunod.

(2) *Comptes rendus*, **230**, 1950, p. 1380.

grandeur habituels de α et de L/Λ (de 0,7 à 1), on montre que la limite critique r_0 (²) de r vérifie sensiblement

$$r_0 \frac{\Lambda}{L}\left(1 - e^{-\frac{L}{\Lambda}} \cos\left(\frac{L}{\Lambda} T\omega\right)\right) = \frac{(1+2\alpha)(T\omega)^2}{1 - T\omega \sin\left(\frac{L}{\Lambda} T\omega\right)} = \alpha (T\omega)^2. \tag{3}$$

ω désigne la pulsation des oscillations qui s'amorcent pour $r = r_0$.

On voit, d'après l'expression (3) de r_0 en fonction de ω, que *seule la plus faible des racines positives ω_0 est à retenir*. On retrouve donc sur cet exemple une circonstance sur laquelle j'ai précédemment attiré l'attention (³) et qui simplifie la méthode de discussion adoptée.

En résolvant (3), on trouve ω_0 compris entre $4,5/T$ et $7/T$ suivant les valeurs de α et L/Λ, et r_0 de l'ordre de 30, T étant couramment de l'ordre de la demi-minute.

2. *Amélioration de la stabilité par une correction dérivée.* — On montre qu'une correction dérivée de taux $k > 0$, donc de sens habituel, déplace la racine ω_0 vers les $\omega > 0$, et par suite améliore la stabilité à un double titre : la période des oscillations est raccourcie et, de plus, la limite critique r_0 devient plus élevée.

Si l'on prévoit plusieurs régimes de débit Q_0, on doit adjoindre au réglage une correction intégrale, mais on conclut de ce qui précède que, pour chacun des régimes, le réglage proportionnel est à lui seul efficace.

ÉLECTRICITÉ. — *Observation des dépôts de précipitation électrique au microscope électronique.* Note de MM. **Marcel Pauthenier** et **René Challande**, présentée par M. Eugène Darmois.

Nous avons montré, dans une précédente Note (¹) suivant quelles lois on peut obtenir des dépôts classés de particules observables au microscope optique. Le prolongement de notre étude théorique nous a conduits à penser qu'il existait des dépôts de particules beaucoup plus fines au delà des fronts qui limitent les dépôts observables (²). Une modification de notre appareil de précipitation nous a permis, à l'aide du microscope électronique, de vérifier qu'il en est bien ainsi.

Sur la fente prévue pour recevoir le film de précipitation on applique un couvercle spécialement conçu pour recevoir des porte-objets du microscope électronique. Ces porte-objets sont alignés suivant une génératrice

(³) *Comptes rendus*, **233**, 1951, p. 730.

(¹) *Comptes rendus*, **231**, 1950, p. 114.

(²) Nous poursuivons, en liaison avec Henri Heim de Balsac, une série d'études sur les ultrapoussières, tant au point de vue physique qu'au point de vue biologique.

du tube et régulièrement espacés à partir de la limite de précipitation des éléments de 2 μ [la percussion de particules de dimensions supérieures

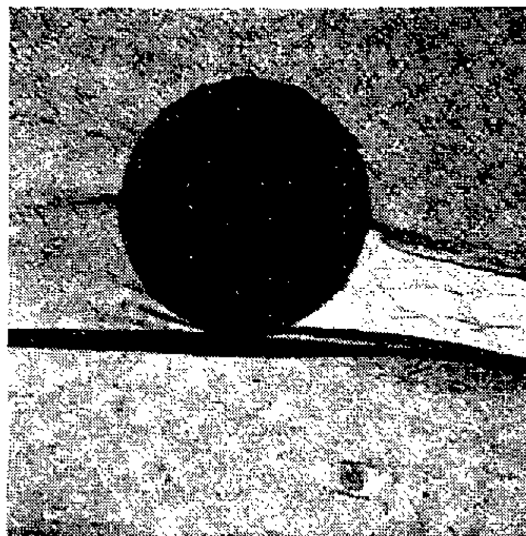


Fig. 1. — Particule de 2,5 μ déchirant une membrane de porte-objet situé à 30 cm de l'origine. (Grossissement : 8000.)
1 μ

sur la membrane provoque des déchirures (*fig.* 1)]. Les préparations sont ensuite ombrées à l'or pour permettre l'écoulement des charges dues au

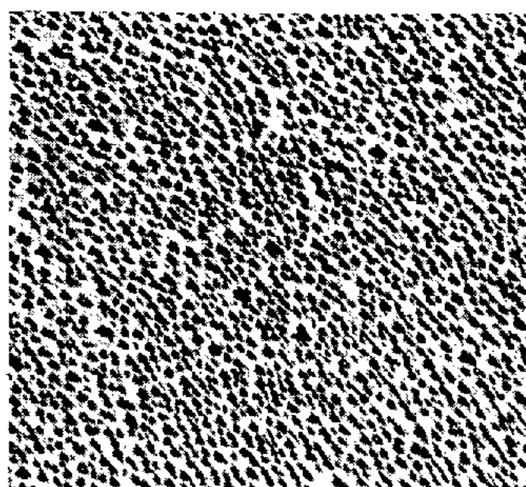


Fig. 2. — Dépôt de particules à 47 cm de l'entrée. (Grossissement : 8000.)
1 μ

flux d'électrons du microscope et une observation meilleure. Les figures 2 et 3 montrent la décroissance des dimensions de sphérules de verre préci-

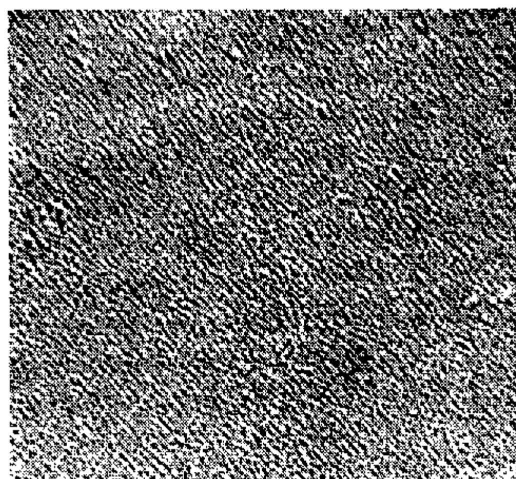


Fig. 3. — Dépôt de particules à 55 cm de l'entrée. (Grossissement : 8000.)

pitées dans un champ électrique ionisé uniforme à mesure que l'on s'éloigne de l'origine. Des auteurs américains ont pu observer, par une méthode différente de la nôtre, des particules de fumée visibles au microscope électronique (de 0,5 à 3 μ), mais non sélectionnées par ordre de grandeur ([3]). Nous obtenons des dépôts homogènes et uniformément répartis; nous avons pu constater la présence de particules de 2/100 de micron par cette méthode.

OPTIQUE ÉLECTRONIQUE. — *Aberration de sphéricité des lentilles à grilles.* Note (*) de M. **Michel Bernard**, présentée par M. Louis de Broglie.

Nous étudions le coefficient d'aberration de sphéricité des lentilles à grille, dans le cas limite où la grille est assimilable à une membrane continue, transparente aux électrons. Ce coefficient est positif dans les lentilles convergentes, mais il devient négatif pour les lentilles divergentes, ce qui permet d'envisager la synthèse de systèmes stigmatiques.

1. Scherzer ([1]) a montré qu'il était impossible de corriger l'aberration de sphéricité des lentilles électroniques. Mais ses calculs ne sont valables que si la fonction $\Phi(z)$, représentant le potentiel sur l'axe du système, est continue, ainsi que ses dérivées. Les fonctions qui sortent du signe somme, au cours des intégrations par parties, sont alors nulles pour $z=z_0$ (abscisse de l'objet) et $z=z_i$ (abscisse de l'image) et disparaissent du résultat.

Au contraire, dans le cas des lentilles que nous étudions, la grille percée de trous très fins, se conduit, au point de vue de la répartition du potentiel comme une membrane continue et introduit une discontinuité du champ électrique. Il faut alors refaire les calculs de Scherzer, en conservant les parties toutes intégrées.

La grille introduit une discontinuité, pour $z=0$; nous allons intégrer de z_0 à $-\varepsilon$, puis de $+\varepsilon$ à z_i et nous ferons tendre ε vers zéro. On constate alors que les parties toutes intégrées ne disparaissent pas du résultat. On obtient, pour le coefficient d'aberration :

$$C_s = \left[\frac{M r^4 \sqrt{\Phi}}{256\sqrt{\Phi_1}} \left\{ 13\left(\frac{\Phi'}{\Phi}\right)^3 - 4\frac{\Phi'\Phi''}{\Phi^2} - 8\frac{\Phi'''}{\Phi} + \left(\frac{r'}{r}\right)\left[32\frac{\Phi''}{\Phi} + 20\frac{\Phi'^2}{\Phi^2}\right] + 64\left(\frac{r'}{r}\right)^2\frac{\Phi'}{\Phi} + 128\left(\frac{r'}{r}\right)^3 \right\}_{+0}^{-0}\right] + \frac{M}{\sqrt{\Phi_1}}\int_{z_0}^{z_i} \frac{r^4\sqrt{\Phi}}{16}\left\{\frac{5}{4}\left[\frac{\Phi''}{\Phi} - \left(\frac{\Phi'}{\Phi}\right)^2 + \frac{r'}{r}\frac{\Phi'}{\Phi}\right]^2 + \left(\frac{\Phi'}{\Phi}\right)^2\left(\frac{r'}{r} + \frac{7}{8}\frac{\Phi'}{\Phi}\right)^2 + \frac{1}{64}\left(\frac{\Phi'}{\Phi}\right)^4\right\} dz$$

([3]) Lipscomb, Rubin et Studivan, *J. Appl. Phys. U.S.A.*, **18**, 1947, p. 7279.

(*) Séance du 3 novembre 1952.

([1]) *Z. Physk*, **101**, 1936, p. 565.

$r(z)$ étant une trajectoire de Gauss particulière, définie par les conditions

$$r(z_0) = 0, \qquad r'(z_0) = 1,$$

M est le grandissement, et Φ_1 est le potentiel de l'espace objet.

Plaçons-nous dans le cas d'une lentille de Cartan ([2]), ([3]), que nous supposerons symétrique par rapport à la grille. Le cas d'une lentille dissymétrique conduirait à des calculs plus compliqués, mais ne modifierait pas les conclusions.

La partie intégrée devient :

$$\Big[\quad \Big]_{+0}^{-0} = (1-\sigma)\frac{r_0^4\sqrt{\Phi_0}\,\mathrm{th}\,\omega d}{128 d}\left[13(\sigma-1)^2\frac{\mathrm{th}^2\omega d}{d^2} + \frac{16\,\omega^2}{\mathrm{ch}^2\omega d} + 64\left(\frac{r'_0}{r_0}\right)^2\right],$$

r_0 et r'_0 étant les valeurs de r et de r' sur la grille, les autres notations sont données à la référence ([2]). Quant à l'intégrale, son calcul explicite semble impossible, mais elle est toujours positive.

2° Lorsque σ est plus petit que l'unité, la lentille est convergente, comme nous l'avons montré dans l'étude des éléments gaussiens des lentilles à grille ([4]). Le terme intégré est toujours positif, et s'ajoute à l'intégrale; il n'y a pas de possibilité de correction de l'aberration de sphéricité. Au contraire, le cas des lentilles à grille est nettement défavorable par rapport aux lentilles usuelles, puisque le coefficient C_s contient deux termes, dont l'un est commun à toutes les lentilles, et l'autre est spécifique des lentilles à grille. Il faudrait un montage comportant deux grilles parallèles, à des potentiels différents, pour rendre négatif le terme intégré. On retrouve un montage proposé par Gianola ([5]), pour obtenir des lentilles convergentes corrigées; mais la réalisation pratique de tels montages ne semble pas aisée.

3° Par contre, lorsque σ est plus grand que l'unité, le terme complémentaire est négatif; la lentille est alors divergente. Tant que σ est suffisamment voisin de 1 pour que l'on puisse négliger $(\sigma-1)^3$ devant l'unité, le terme intégré est nettement prépondérant.

En effet, il varie comme $(\sigma-1)$ tandis que l'intégrale varie comme $(\sigma-1)^2$ comme on peut s'en assurer par une démonstration analogue à celle donnée par Ramberg ([6]) pour des lentilles à deux cylindres.

On obtient alors une lentille électronique à aberration négative qui peut être associée avec une lentille classique, à aberration positive, pour réaliser des systèmes stigmatiques, à convergence positive.

([2]) Bernard, *Comptes rendus*, 233, 1951, p. 298.
([3]) Cartan, *Ann. Phys.*, 10, 1937, p. 426.
([4]) Bernard, *Comptes rendus*, 233, 1951, p. 1354.
([5]) *Proc. Phys. Soc.*, B, Letter to the Editor, 63, n° 372, 1950.
([6]) *J. App. Phys.*, 13, 1942, p. 582.

Remarquons, en terminant, que la grille n'est pas une membrane continue, mais qu'elle est percée de trous, qui vont perturber le potentiel en leur voisinage. Il en résultera une nouvelle aberration sur laquelle nous reviendrons.

ÉLECTROOPTIQUE. — *Sur l'effet de scintillation des cristaux détecteurs.* Note (*) de M. **Nicolas Nifontoff**, présentée par M. Gustave Ribaud.

On compare, pour des cristaux redresseurs usuels, les variations de résistance et d'effet de scintillation (basses fréquences) en fonction du courant I qui les traverse.

Dans des Notes antérieures ([1]), ([2]) j'ai étudié les variations simultanées de la résistance et de l'effet de scintillation de dépôts très minces de carbone en fonction du courant continu I. Je donne ici les résultats d'une étude semblable faite sur une dizaine de cristaux (silicium ou germanium) du type « mélangeur » et sur un redresseur sec à galettes. Tous ces redresseurs ont donné des résultats comparables. Dans chaque cas, les mesures ont été faites, en faisant croître, puis décroître le courant. I a varié, en général, de 1 μA à 10 mA (sens direct) et de 1 à 1000 μA (sens inverse). Les résultats sont identiques pour les intensités croissantes et décroissantes, sauf pour le germanium qui présente un peu d'hystérésis.

La figure 1 donne les caractéristiques résistance-courant d'un cristal pour les deux sens du courant. Les courbes C_1 (traits pleins) donnent la résistance moyenne R_m (quotient de la tension par l'intensité) : $\log R_m = f(\log I)$. Les courbes C_2 (pointillés) donnent la résistance dynamique ou différentielle correspondante : $\log R_d = f(\log I)$, avec $R_d = dV/dI = R_m(1+p)$ où p est la pente de C_1. J'ai obtenu des courbes à peu près identiques, à une translation près, pour tous les redresseurs étudiés. Seul le maximun de la caractéristique inverse est plus ou moins accusé selon l'échantillon.

Divers auteurs ont étudié l'effet de scintillation des cristaux ([3]), ([4]). Mais ils ne mesuraient pas simultanément R pour chaque valeur de I. La figure 2 résume mes résultats. Pour déduire, des mesures brutes, les valeurs de la densité spectrale $\overline{e_\nu^2}$, j'ai conduit les calculs comme si $\overline{e_\nu^2}$ correspondait à une f. e. m. de fluctuations localisée dans le cristal, en faisant les corrections relatives aux résistances qui, dans le montage, shuntent la résistance R_d de

(*) Séance du 3 novembre 1952.

([1]) A. Blanc-Lapierre, M. Perrot et N. Nifontoff, *Comptes rendus*, 233, 1951, p. 141 et 241.

([2]) N. Nifontoff, *Comptes rendus*, 234, 1952, p. 1755.

([3]) P. M. Miller, *Proc. Inst. Rad. Eng.*, 35, n° 3, 1947, p. 252.

([4]) H. C. Torrey et C. A. Whitmer, *Crystal Rectifiers*, Mc Graw-Hill, 1948, p. 186 et 192.

l'échantillon. L'expérience montre que $\overline{e_\nu^2}$ n'est pas proportionnel à I^2. Des écarts par rapport à la « loi en I^2 » ont d'ailleurs été également signalés dans d'autres cas (1), (2), (5), (6). J'ai effectué les mesures de bruit à 6 000 c/s (bande passante : 50 c/s). J'ai vérifié qu'entre 1000 et 10 000 c/s le bruit était proportionnel à l'inverse de la fréquence, et ceci pour diverses régions des caractéristiques de la figure 2.

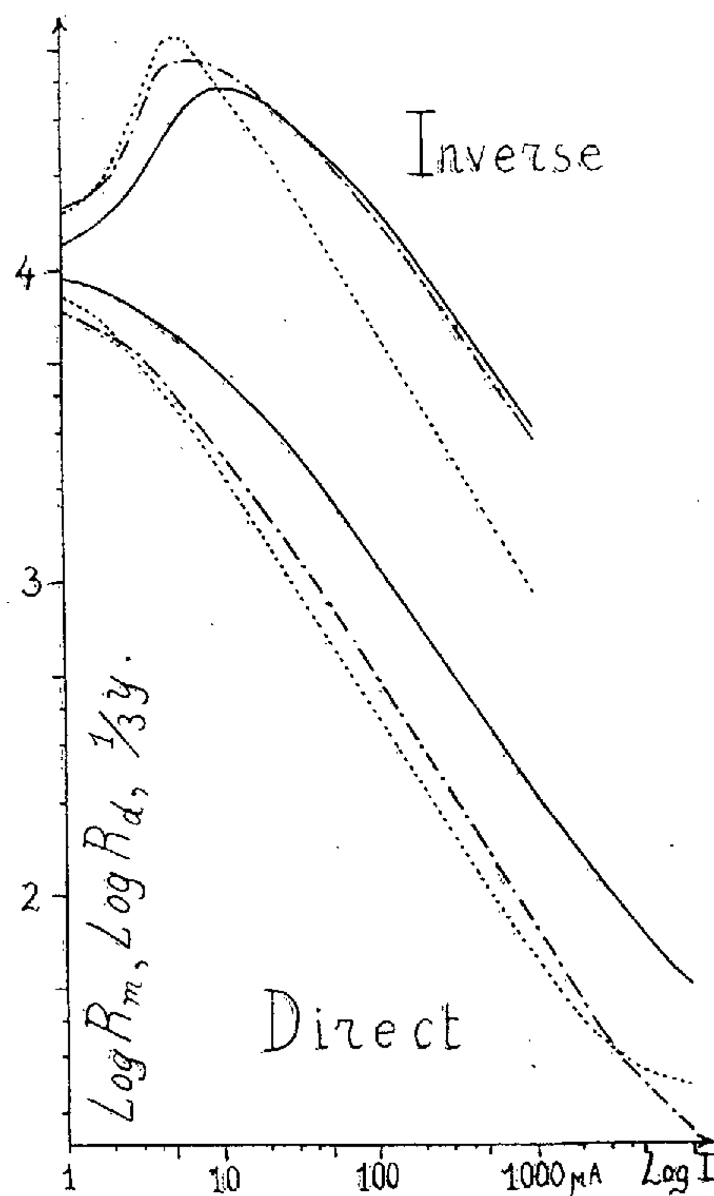


Fig. 1.

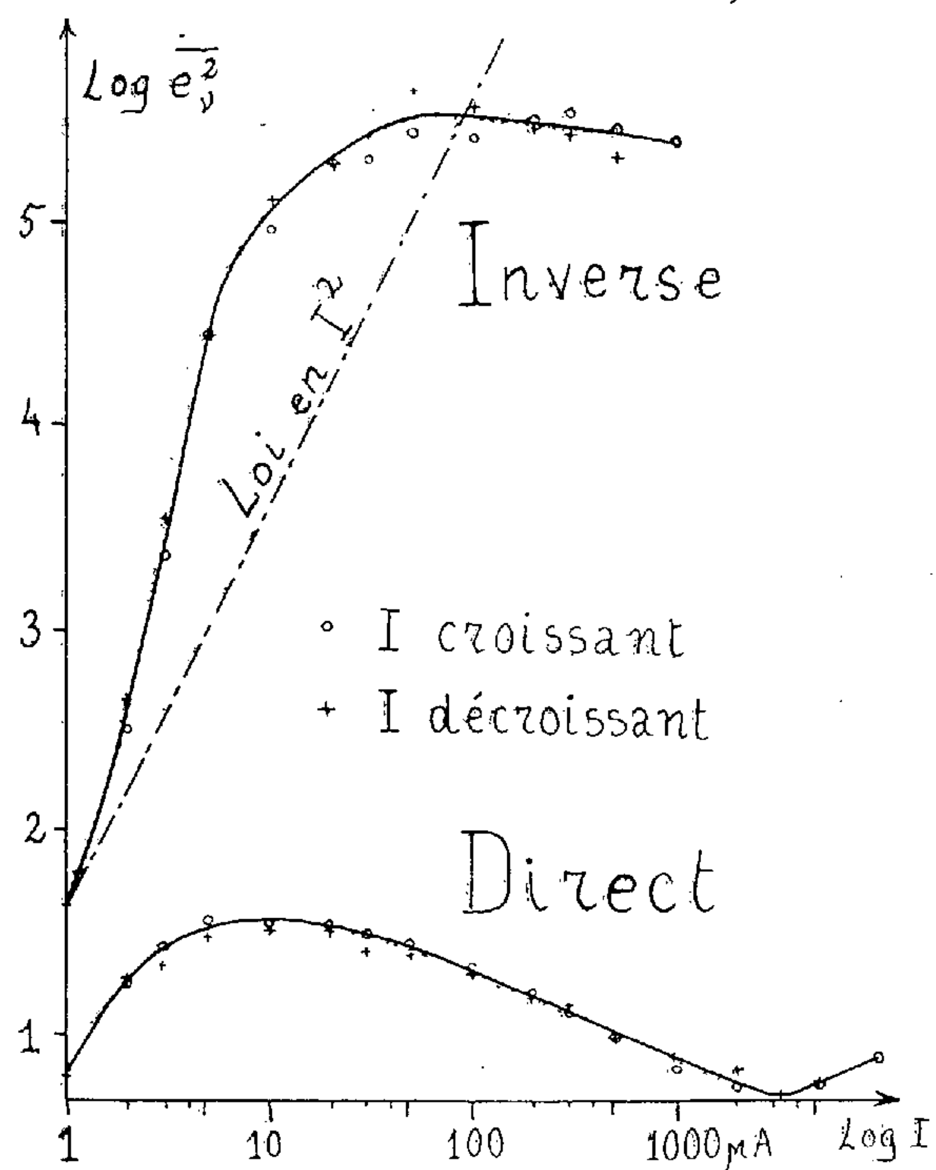


Fig. 2.

L'examen des résultats montre, pour chaque cristal et pour l'ensemble des deux sens du courant, une correspondance étroite entre les courbes

$$y = \log \overline{e_\nu^2} - 2 \log I$$

et les courbes C_2. On peut même superposer approximativement ces deux groupes de courbes en remplaçant y par y/k. On a une bonne superposition pour $k \# 3$ (*voir* figure 1, courbe $y/3$ en trait mixte), sauf pour la partie descendante des caractéristiques inverses où $k \# 2$ conviendrait mieux. On obtient une correspondance semblable pour les caractéristiques réversibles de dépôts de carbone déjà étudiés (2) en comparant les courbes $y/3$ et les caractéristiques de résistance dynamique.

(5) M. Surdin, *J. Phys. Rad.*, **12**, 1951, p. 777.
(6) Bernamont, *Ann. Phys.*, 7, 1937, p. 71.

OPTIQUE. — *La théorie de la photophorèse négative. Complément à deux Notes antérieures.* Note de M. **Pierre Tauzin**, présentée par M. Eugène Darmois.

Nous avons déjà indiqué que, dans les particules photonégatives, les amplitudes diffusées se trouvaient en phase sur la face par laquelle sort le faisceau qui éclaire les particules. Cette circonstance, insuffisante à elle seule à expliquer la photophorèse négative, doit être complétée en tenant compte de la composition de l'amplitude directe arrivant sur la deuxième face avec l'amplitude réfléchie sur cette face.

Résumons d'abord les caractères de la photophorèse. Dans un aérosol de matière *absorbante* éclairé par un faisceau intense de lumière visible, les petites particules sont toujours attirées et les grosses repoussées. La photophorèse disparaît dans le vide; c'est un effet radiométrique dû à des chocs moléculaires sur des particules échauffées de façon non uniforme. La photophorèse positive s'explique par le fait que l'énergie lumineuse est arrêtée dans la particule, au voisinage de la face d'entrée, qui est, dès lors, la plus chaude. Dans la photophorèse négative, c'est la face de sortie qui doit être la plus chaude et c'est cette circonstance qu'il faut justifier.

Dans deux Notes antérieures ([1]) nous avions cru pouvoir attribuer l'excès d'énergie présent sur la face de sortie des particules photonégatives au seul fait que les amplitudes diffusées par les molécules de la particule s'y trouvaient en phase. En réalité, cette cohérence des amplitudes diffusées dans la direction du faisceau, cohérence due au fait que, dans un solide ou un liquide, les molécules doivent être considérées comme régulièrement distribuées, a, comme contre-partie, une baisse constante de l'amplitude lumineuse du faisceau direct chaque fois que ce faisceau rencontre une nouvelle molécule; en d'autres termes, l'énergie regagnée du fait de la cohérence des amplitudes diffusées compense tout au plus celle perdue par diffusion et la diffusion cohérente ne peut pas être invoquée pour expliquer, à elle seule, la densité d'énergie particulièrement élevée qui se trouve sur la face de sortie de la particule ([2]). Par contre, les considérations suivantes sont essentielles pour l'explication de la photophorèse négative.

Soit une lame transparente d'indice de réfraction supérieur à un, par exemple une lame de verre, éclairée par un faisceau lumineux parallèle. Une partie de l'énergie se réfléchit sur la face d'entrée, une autre sur la face de sortie et le reste constitue l'énergie transmise. Comme la réflexion verre-air se produit toujours sans changement de phase, l'amplitude

---

([1]) *Comptes rendus*, **231**, 1950, p. 614 et *J. Phys. Rad.*, **13**, 1952, p. 31 S.

([2]) Ainsi que me l'ont fait remarquer MM. L. de Broglie, J. Cabannes et E. Durand.

incidente A est en phase, sur la face de sortie, avec l'amplitude a réfléchie sur cette face; l'énergie totale y est, de ce fait, $(A + a)^2$ et cela pour toutes les radiations du faisceau incident. Par exemple, pour le verre, donnons-nous $A^2 = 1$, on a $a^2 = 4/100$, d'où $(A + a)^2 = 1,44$. Il faut, toutefois, noter que l'amplitude réfléchie sur la face de sortie revient sur la face d'entrée; là elle peut être en phase avec l'amplitude incidente, mais seulement pour les quelques radiations dont la longueur d'onde λ vérifie la relation

$$e = k\frac{\lambda}{2} \qquad (k = 1, 2, 3, \ldots),$$

e étant l'épaisseur de la lame. Si l'on admet que la lame est suffisamment mince pour que l'énergie perdue lors de sa traversée soit faible par rapport à l'énergie incidente, on voit que l'énergie présente sur la face de sortie sera supérieure à ce qu'elle est sur la face d'entrée. Supposons maintenant que la lame soit un peu absorbante (par exemple lame de verre légèrement teinté), la face de sortie doit être la plus chaude et ainsi s'explique l'effet photonégatif. Cette conclusion se trouve probablement renforcée par le fait que la réflexion sur la face d'entrée se produit avec le changement de phase π; devant cette face, à l'extérieur de la lame, il y a un minimum d'intensité lumineuse $(A - a)^2$; le passage de ce minimum à la valeur présente sur la face d'entrée, mais à l'intérieur, se fait sans doute de façon progressive par une couche très mince; il en résulte que l'énergie existant dans la lame, tout contre la face d'entrée est voisine de $(A - a)^2$, et ceci accentue l'écart entre les densités d'énergie présentes dans la lame sur les deux faces.

Le même effet photonégatif existe encore, au moins qualitativement, si l'on remplace la lame par une particule de forme quelconque; en particulier pour une particule sphérique, l'addition des amplitudes incidente et réfléchie sur la deuxième face n'est rigoureuse que sur une petite calotte sphérique percée par le diamètre parallèle à la direction de la lumière, elle l'est de moins en moins lorsque l'on s'éloigne de cette calotte. Mais c'est justement sur cette calotte que les chocs moléculaires produisant la photophorèse négative sont les plus efficaces.

Les considérations précédentes s'appliquent aux corps peu absorbants qui ont, pour le visible, des indices de réfraction supérieurs à l'unité; elles sont aussi valables, tout au moins qualitativement, pour les particules qui présentent l'absorption métallique; la réflexion sur la deuxième face d'une lame métallique se fait toujours avec un déphasage inférieur à π. Ainsi, pour l'argent, ce déphasage est de 37°; il est plus important que pour le verre; en revanche, l'amplitude réfléchie est plus grande pour l'argent et les particules suffisamment fines sont encore photonégatives. Pour ce métal et pour divers autres qui ont un indice de réfraction infé-

rieur à l'unité, il serait impossible de rendre compte de la photophorèse négative par un effet de lentille qui concentrerait, sur la deuxième face, la lumière tombant sur la première. Une telle explication ne pourrait s'admettre que dans le cas particulier de particules sphériques, grandes par rapport à la longueur d'onde et d'un indice de réfraction supérieur à l'unité.

Dans tous les cas, bien entendu, on passera de l'effet photonégatif à l'effet photopositif, si l'on augmente suffisamment soit l'épaisseur, soit l'absorption des lames ou des particules, car alors l'énergie incidente arrive fortement affaiblie sur la deuxième face.

Il serait intéressant de vérifier l'effet de photophorèse négative sur des plaques homogènes absorbantes suffisamment minces. Mais il faudrait que ces lames fussent d'épaisseur rigoureusement uniforme, pour éviter un mélange des effets positif et négatif. Des lames suffisamment minces et régulières pour donner l'effet radiométrique négatif s'inversant avec le sens de la lumière ne semblent pas avoir été réalisées jusqu'ici.

PHYSIQUE COSMIQUE. — *Sur l'origine des bursts de rayons cosmiques.* Note (*) de Mlle **Geneviève Rochet** et M. **Jean Daudin**, présentée par M. Frédéric Joliot.

A priori les bursts enregistrées avec des compteurs de Geiger noyés dans le plomb peuvent résulter soit d'une interaction nucléaire, soit de l'interaction électromagnétique de mésons μ de grande énergie; la contribution de ces deux phénomènes est discutée. Nous avons donc repris à Bagnères (550 m = 713 mm Hg) un enregistrement identique à celui qui fonctionne au Pic du Midi (¹) (2860 m = 540 mm Hg). Nous avons repris la comparaison entre les deux altitudes et étudié de mai 1951 à juin 1952 le coefficient barométrique des bursts à Bagnères.

1. *Résultats.* — Avec l'appareil de Bagnères transporté au Pic on observe une fréquence égale à celle indiquée par l'appareil du Pic (96 % ± 3 % et 98 % ± 2 %).

A Bagnères la valeur moyenne des gerbes est de 0,253 ± 0,003 min — 1 (12000 gerbes), au Pic 1,38 ± 0,05. Le rapport est 5,4 ± 0,2, égal à celui observé antérieurement (¹) en renonçant à une correction probablement non fondée.

Le tableau ci-après donne les coefficients barométriques observés à Bagnères.

(*) Séance du 3 novembre 1952.

(¹) A. Daudin, J. Daudin et R. Robley, *Comptes rendus*, 232, 1951, p. 1197.

Période.	Nombre de gerbes.	Effet barométrique (en % par mm Hg).	Dispersion brute.	Dispersion après correction.	Corrélation gerbes Bagnères tempér. Pic.
Avril-juin 1951...	12 000	$-4,4\pm3,0$	1,1	1,0	–
Octobre » ...	6 000	$+0,6\pm4$	1,4	0,7	–
Novembre » ...	10 000	$-3,3\pm1,2$	1,4	1,1	$-0,01$
Décembre » ...	9 000	$-12,7\pm2,6$	1,7	0,6	$-0,26$
Janvier 1952.....	9 000	$-6,3\pm1,3$	1,9	0,7	$-0,48$
Février »	5 000	$-9,0\pm2,2$	1,5	0,9	$-0,03$
Mars »	7 500	$-5,2\pm1,3$	1,4	1,1	$-0,08$
Avril »	8 500	$-5,2\pm2,2$	1,1	1,0	$-0,02$
Mai-juin 1952 ...	12 000	$-1,1\pm2,0$	0,45	0,4	$-0,28$

La valeur moyenne de l'effet barométrique est -5%, $1\pm1\%$, elle est voisine de celle de $-6,25\%\pm0,7\%$ trouvée par Fréon et Tsai Chu (²) pour les gerbes de Rossi sous 18 cm de plomb.

2. *Discussion.* — L'effet barométrique est intermédiaire entre l'effet de la composante N et l'effet des mésons μ de grande énergie (qui doit être voisin de 0) et met en évidence le mélange des primaires à Bagnères. Si l'on adopte un parcours de 120 g/cm² pour la composante nucléaire et un facteur 1,3 pour les mésons rapides entre 560 et 2860 m, on obtient 92 % de composante nucléaire au Pic et un effet barométrique de -11% (contre $-10,7$ observé); à Bagnères, 67 % de composante N et un effet barométrique de 7,7 % (contre $5,1\pm1\%$ observé), un accroissement de 5,2 entre Bagnères et le Pic (contre 5,4 observé), 55 % de composante nucléaire au niveau de la mer, et 30 % de composante N à Paris sous 50 cm de béton (Laboratoire de l'E. N. S.). Dans ce cas le facteur Pic/Labo. E. N. S. serait de 11 contre 12 observé (²).

Dans l'ensemble ces résultats sont cohérents et confirment la présence d'une composante nucléaire notable au niveau de la mer d'accord avec les auteurs étrangers, et comme le confirment les clichés Wilson de Maze. Dans les premiers mètres de sous-sol, le nombre de gerbes devrait diminuer d'un facteur 2 en accord avec l'observation de Maze (absorption de la composante N). Il n'y a pas de contradiction apparente avec les résultats de Maze et Kessler (³).

3. *Primaires instables.* — Nous avons appliqué la correction barométriques aux moyennes journalières des observations de Bagnères et étudié la corrélation entre les moyennes corrigées barométriquement et les températures moyennes de l'air au Pic du Midi (couche d'air située à 2300 m au-dessus). On voit que ces corrélations quoique faibles sont toutes négatives, en accord avec l'hypo-

(²) *Comptes rendus*, 231, 1950, p. 850.
(³) *Physica*, 18, 1952, p. 528.

thèse d'un effet Blackett [avancée par nous ([4])], selon laquelle les primaires de ces bursts électroniques seraient instables : une élévation de température de l'air entraînant une diminution de la densité, favorisant la disparition des primaires par désintégration.

Le parcours d'absorption de ces gerbes dans le plomb paraît anormalement élevé, une couche supplémentaire de 10 cm de plomb n'entraînant au Pic du Midi qu'une absorption supplémentaire de 16 ± 2 %

RADIOACTIVITÉ. — *Étude de minerais radioactifs par radiographie électronique par réflexion et autoradiographie combinées.* Note (*) de M. **Jean-Jacques Trillat** et Mme **Léa Tertian**, présentée par M. Louis de Broglie.

La combinaison de la méthode de radiographie électronique (émission superficielle d'électrons secondaires sous l'influence des rayons X) et d'autoradiographie permet de déterminer la répartition des éléments de numéros atomiques différents à la surface d'un échantillon poli de minerai radioactif, et leur corrélation avec les zones de radioactivité.

Les principes de la radiographie électronique par réflexion ont été établis par l'un de nous ([1]); on sait que cette méthode consiste essentiellement à utiliser l'émission des électrons secondaires qui sont produits lorsque des rayons X durs (de l'ordre de 200 kV) frappent des éléments de numéros atomiques différents. En se plaçant dans des conditions convenables, le nombre d'électrons émis est fonction croissante des numéros atomiques des éléments irradiés; il est alors possible, en impressionnant en retour une émulsion photographique peu sensible aux rayons X, d'obtenir des noircissements dus pratiquement aux seuls électrons et de valeurs différentes suivant le numéro atomique. On peut ainsi différencier, à la surface préalablement polie d'un minerai ou d'un alliage, des plages de constitution chimique différente, à la condition que les éléments à différencier possèdent des numéros atomiques suffisamment éloignés ([2]).

L'autoradiographie consiste à impressionner une émulsion photogra-

---

([4]) A. Daudin et J. Daudin, *Comptes rendus*, 233, 1951, p. 150.

(*) *Note sur épreuves.* — Fany (*Phys. Rev.* 83, 1951, p. 413) aboutit à des conclusions analogues quant au rôle des gerbes de l'air, des mésons μ et de la composante N au moyen d'une chambre d'ionisation; il est donc permis de croire que nos compteurs dans le plomb enregistrent bien des gerbes mixtes d'environ 300 particules (nucléaires et surtout électroniques).

(*) Séance du 27 octobre 1952.

([1]) J.-J. Trillat, *Comptes rendus*, 214, 1942, p. 164; *Ibid.*, 216, 1943, p. 179; *Ibid.*, 216, 1943, p. 683; *J. Appl. Phys.*, 19, 1948, p. 844; *Rev. Metall.*, 2, 1949, p. 79.

([2]) J.-J. Trillat et Ch. Legrand, *Comptes rendus*, 224, 1947, p. 1000.

phique par les divers rayonnements (α, β, γ) émis par les éléments radioactifs naturels ou artificiels. L'étude de la densité photographique permet de localiser les constituants radioactifs et d'apprécier l'émission relative de plages correspondant à des noircissements différents.

Les deux méthodes peuvent être combinées, en remarquant que, pour une même émulsion et un même échantillon, les temps de pose en radiographie électronique sont très courts (de l'ordre de 1 à 2 m) par rapport aux temps de pose habituels en autoradiographie (plusieurs heures à plusieurs jours). Ainsi la radiographie électronique est-elle indépendante de la radioactivité.



Fig. 1. Fig. 2. Fig. 3. Fig. 4.

Nous avons effectué de nombreux essais sur des minerais plus ou moins radioactifs (pechblendes, samarskites, monazites, thorites), en employant le même dispositif expérimental et le même type d'émulsion photographique (Pathélit ortho). Les minerais étaient préalablement polis et soigneusement nettoyés avant l'application contre le film photographique.

Dans tous les cas, la comparaison des clichés obtenus apporte des renseignements intéressants. Sur la figure 1, relative à une pechblende contenant de la galène et de la silice, la radiographie électronique (pose 2 mn) montre la disposition des plages riches en uranium (en noir), en plomb (en gris) et en silice (en blanc). La figure 2 représente, au même grossissement (1,7), la répartition des zones radioactives (pose 6 jours); on constate en particulier que les régions 1 et 2, de même densité sur la radiographie électronique, ont une activité totalement différente, la région 2 étant pratiquement inactive. On notera le flou des limites des zones radioactives, dues à une émission corpusculaire provenant non seulement de la surface, mais encore des couches sous-jacentes.

Sur un autre échantillon d'origine différente (Congo belge), la radiographie électronique (*fig.* 3, pose 2 mn; $\times$ 2,6) ne donne au contraire que peu de détails; le noircissement sensiblement uniforme montre une homogénéité dans la composition superficielle. Au contraire, l'autoradiographie (*fig.* 4, pose 3 jours) décèle des zones noires, nettement délimitées, correspondant à une forte radioactivité locale.

Les résultats varient suivant les échantillons, et nous n'avons reproduit ces clichés qu'à titre d'exemples; l'interprétation détaillée paraîtra dans un autre recueil. Des renseignements complémentaires peuvent être obtenus en effectuant des autoradiographies sur plaques nucléaires, qui mettent en évidence les trajectoires α et β.

Il est également possible de prévoir des applications aux cas de minerais ou d'alliages dont certains éléments sont rendus radioactifs artificiellement.

CHIMIE PHYSIQUE. — *Sur l'existence de deux causes distinctes d'absorption Debye dans le spectre hertzien. Application aux semi-conducteurs.* Note de Mme **Marie Freymann** et M. **René Freymann**, présentée par M. Jean Cabannes.

L'interprétation des propriétés diélectriques des liquides et des solides a toujours utilisé (avec des améliorations successives) la théorie de Debye de l'orientation dipolaire ([1]). Il semble que, du point de vue formel, cette théorie doive être conservée, mais qu'*il convient de distinguer désormais nettement deux types* (*au moins*) *de dipôles* de natures différentes : on admettait en effet jusqu'ici que l'orientation dipolaire était liée à *l'orientation de molécules* (liquides, glace) *ou de groupements d'atomes* (sels d'ammonium). Nous voulons souligner ici l'existence d'*une autre cause d'absorption du type Debye : l'absorption liée aux défauts du réseau cristallin.*

Nous avons montré précédemment ([2]) l'existence d'une forte absorption du type Debye, en ondes kilométriques, pour les oxydes d'uranium. Or la structure de ces oxydes, étudiée aux rayons X par Hering et Perio ([3]) *exclut totalement toute interprétation de cette absorption hertzienne des oxydes par une orientation de groupements d'atomes*. Breckenridge ([4]) avait d'ailleurs observé (à une seule fréquence) un phénomène semblable pour divers halogénures. Grâce à la représentation $\text{Log}\,\nu_c - 1/T$ dont nous avions indiqué l'intérêt ([2]), nous réunissons dans la figure 1 des résultats de Breckenridge ([4] *a*); en supposant ($\varepsilon_0 = \varepsilon_\infty$), ceux de divers auteurs et des données que nous avons obtenues depuis nos précédentes communications ([2]). Nous tirons de cet ensemble les conclusions suivantes :

([1]) H. Frohlich, *Theory of dielectrics*, Oxford, Clarendon Press, 1949; E. Bauer, *Cahiers de Phys.*, 20 et 21, 1944; *Congrès Changements de phase*, Paris 1952 (à paraître *J. Chimie Phys.*); R. A. Sack, *Australian J. Sc. Res.*, 5, 1952, p. 135.

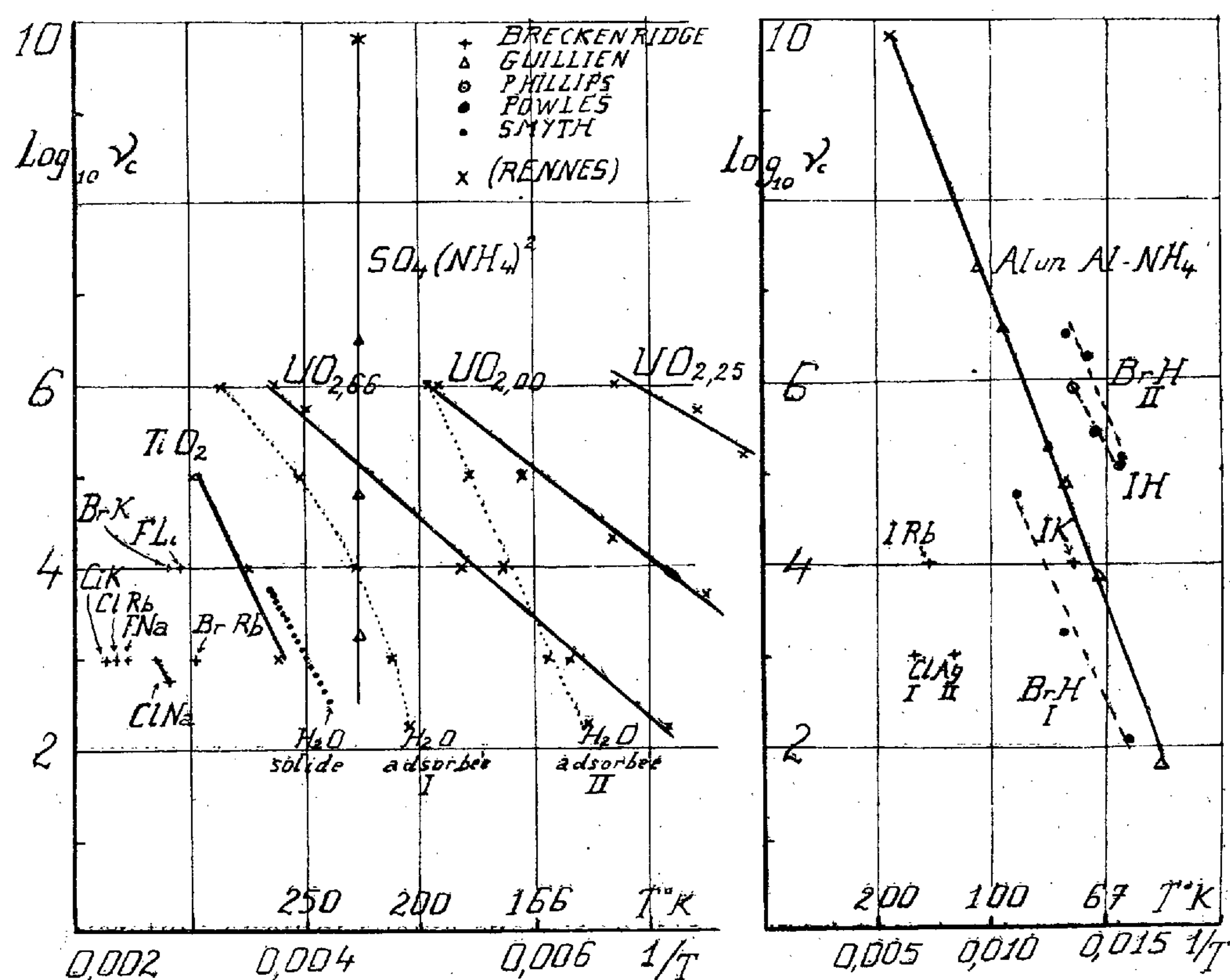
([2]) *Comptes rendus*, 229, 1949, p. 1013; 230, 1950, p. 2094; 232, 1951, p. 1096; 232, 1951, p. 2312; 233, 1951, p. 1449. Mlles M. T. Rolland et S. Langevin, MM. R. Bernard et Tiennot, *Diplômes d'Études supérieures*, Rennes, 1951 et 1952.

([3]) *Bull. Soc. Chim. France*, 19, 1952, p. 351.

([4]) *J. Chem. Phys.* : *a*. 16, 1948, p. 959; *b*. 18, 1950, p. 913.

1° Confirmant la formule $\nu_c = A \exp - U/RT$, la courbe $\operatorname{Log} \nu_c - 1/T$ est presque toujours une droite;

2° Étendant l'hypothèse de Breckenridge, on peut admettre que, dans le cas des oxydes comme dans celui des halogénures, *les dipôles résultent de l'association par paires + et — de lacunes ou d'ions interstitiels adjacents dans le réseau cristallin; le champ de haute fréquence extérieur crée une redistribution*



statistique de ces charges + et —. Nous poursuivons des recherches en vue de comparer ce mécanisme dipolaire pour divers semi-conducteurs; signalons dès maintenant que nous avons observé également de *fortes absorptions, en ondes kilométriques ou centimétriques, de* ZnO, TiO_2, V_2O_5 *et de* FeO, Fe_2O_3, ... *convenablement traités;*

3° L'utilisation des courbes $\operatorname{Log} \nu_c - 1/T$ permet de déterminer l'*énergie d'activation* U *de diffusion* des défauts du réseau ainsi que $A = \varepsilon_\infty + 2/(\varepsilon_0 + 2) 2\pi\tau_0$ (d'où la fréquence $\nu_0 = 1/\tau_0$ de vibration du réseau cristallin);

4° De la valeur ε''_{max} on peut déduire (^4a) *le nombre n de défauts du réseau* par $\varepsilon''_{max} = [4\pi n/18kT](Ze_a)^2(\varepsilon_0 + 2)(\varepsilon_\infty + 2)$.

5° On peut alors se demander si les phénomènes observés pour les

hydracides ([5]) et les sels d'ammonium ([6]) ne correspondent pas aux deux types d'orientation dipolaire distingués ici.

En résumé, il existe deux types de phénomènes dipolaires : 1° *Ceux dus à l'orientation de molécules ou groupements d'atomes.* 2° *Ceux dus à l'existence de défauts dans le réseau cristallin.* Ceci nous conduit à souligner que l'absorption hertzienne constitue un nouveau et *précieux moyen d'étude de la structure des solides* (*défauts de réseau*) et notamment des composés non stœchiométriques.

CHIMIE MACROMOLÉCULAIRE. — *Sur la contraction isotherme du polystyrolène.* Note de M. **André Kovacs**, transmise par M. Jacques Duclaux.

On sait ([1]) que le coefficient de dilatation cubique du polystyrolène, présente une discontinuité de part et d'autre d'une certaine température, désignée souvent comme température de transition du deuxième ordre : T_g (*fig.* 1). Par ailleurs il est connu qu'au-dessous de T_g l'équilibre de volume n'est atteint que longtemps après l'établissement de l'équilibre thermique. Pourtant l'évolution isotherme du volume a été très peu étudiée jusqu'à présent. Nous exposerons ici quelques résultats concernant ce problème, obtenus par des mesures dilatométriques de précision.

1° Si l'on porte rapidement un échantillon de polystyrolène ayant séjourné à la température T_0 à une température T_i telle que $T_0 < T_i < T_g$, on sait ([2]) que la dilatation « instantanée » correspondant à l'établissement de l'équilibre thermique, est suivie d'une dilatation lente, « retardée ». Nous avons observé que si l'on attend suffisamment longtemps, cette dilatation lente est suivie elle-même d'une contraction. Le temps t_M où le volume passe par son maximum dépend aussi bien de la température T_i que de l'histoire thermique antérieure de l'échantillon.

2° Par contre si $T_i > T_g$ on n'observe aucun effet de temps, l'équilibre de volume est atteint en même temps que l'équilibre thermique.

3° Si un échantillon en état d'équilibre à $T_0 > T_g$ est rapidement refroidi à une température $T_i < T_g$, on observe que la contraction « instantanée » est suivie d'une contraction retardée. La figure 2 représente une famille de courbes où l'on a porté la contraction relative $\Delta V/V$ en fonction de $\log t$. On a pris arbitrairement comme origine les volumes au bout de 0,02 h (durée

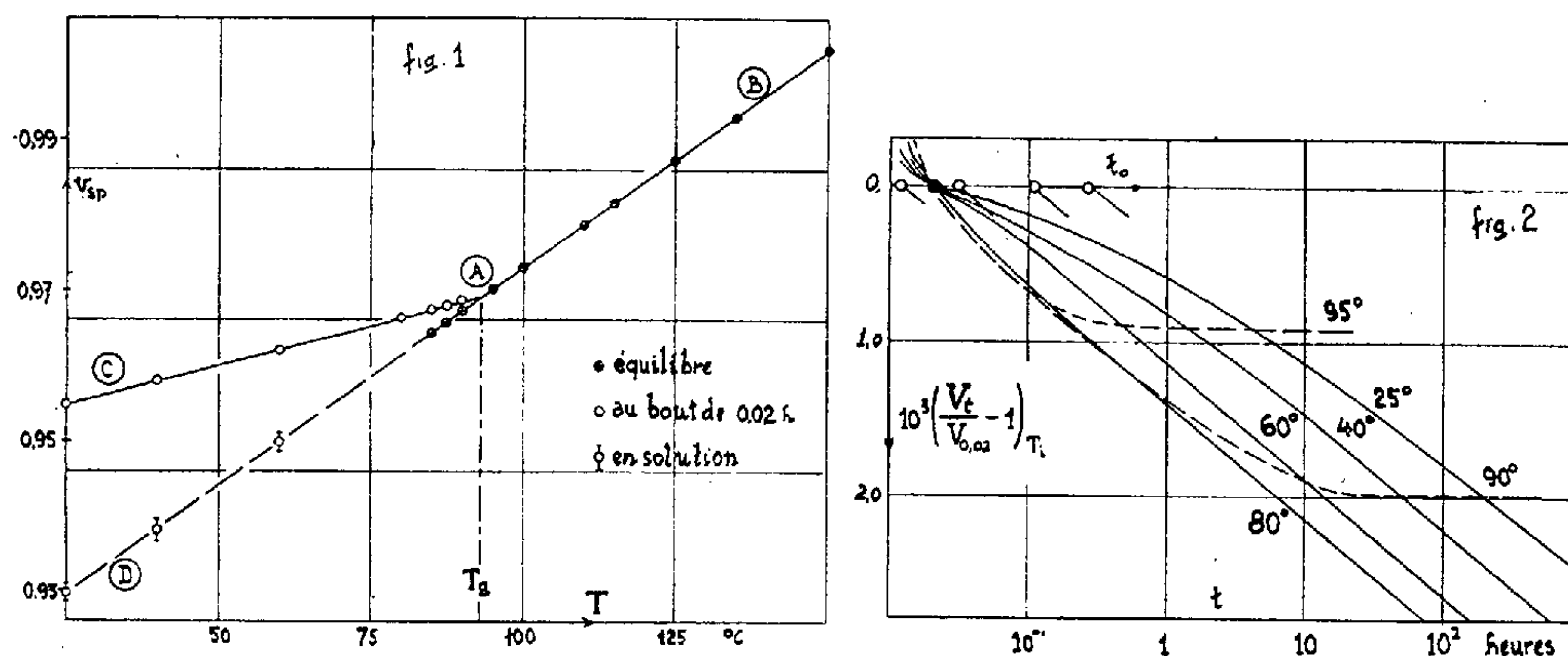
([5]) Smyth et Hitchcock, *J. Amer. Chem. Soc.*, 55, 1933, p. 1830; J. G. Powles, *J. Phys.*, 13, 1952 p. 121; C. S. E. J. Phillips, *J. Phys.*, 13, 1952, p. 216.

([6]) Mme M. Freymann, *Comptes rendus*, 233, 1951, p. 1449.

([1]) E. Jenckel et K. Ueberreiter, *Z. Phys. Chem.*, A, 182, 1938, p. 361.

([2]) R. F. Boyer et R. S. Spencer, *J. Appl. Phys.*, 17, 1946, p. 398.

approximative de l'établissement de l'équilibre thermique) aux diverses températures T_i. On constate d'une part que dans les limites de durée de nos expériences (de l'ordre de 1000 h) les contractions isothermes tendent toutes vers des droites dont la pente, $\Delta V_t/V : \Delta \log t = \tau$ (taux de contraction), est indépendante de T_i. D'autre part pour des températures voisines de T_g les courbes de contraction, après avoir passé par une droite de pente τ, tendent vers une valeur constante de volume (courbes en pointillé).



Chacune de ces courbes est parfaitement reproductible même si l'on fait varier la température T_0 entre 100 et 150° C. De plus en opérant sur des échantillons de « passé thermique » différent, on obtient toujours les mêmes courbes de contraction. Il en résulte qu'*un court séjour à une température* $T_0 > T_g$ *efface l'histoire thermique antérieure de l'échantillon*. Par ailleurs pour des polystyrolènes de différentes fabrications on obtient toujours une famille de courbes semblables, en particulier τ garde la même valeur numérique. Il semble donc que *ce coefficient ait une signification réelle et caractérise la configuration moléculaire du polystyrolène*.

Aux températures $T_i \lesssim T_g$ où l'on a pu atteindre l'équilibre de volume on a constaté que ces volumes se placent (*fig.* 1) sur la droite AD, prolongement de AB (représentant les volumes d'équilibre entre 100 et 150° C). Par ailleurs en ajoutant à nos échantillons un volume déterminé d'un mélange de benzène et de phtalate de butyle (1 : 1), nous avons pu suivre à diverses températures T_i la contraction de volume de l'ensemble lors de la dissolution. Cette contraction était identique avec une bonne approximation à l'écart entre les deux droites AC et AD à la température T_i. Si l'on admet que la droite AD représente bien les volumes d'équilibre, on peut calculer, par extrapolation des droites de la figure 2, l'ordre de grandeur du temps nécessaire pour atteindre ces valeurs à diverses températures. Ce temps croît exponentiellement avec $1/T_i$, l'énergie d'activation apparente étant de l'ordre de 260 Kcal/mol.

Il résulte de ces considérations que dans certaines limites de temps et de température on peut exprimer, en première approximation, le volume spécifique du polystyrolène par

$$v_{sp} = v(T_g)\,[1 - \alpha_{inst}(T_g - T_i)]\left(1 - \log\frac{t}{t_0}\right),$$

où $v(T_g)$ est le volume spécifique à T_g, $\alpha_{inst} = (2,2 - 2,5)\,10^{-4}$, suivant la nature de l'échantillon, $\tau = (7,5 \pm 0,2)\,10^{-4}$ et t_0 le temps obtenu par extrapolation linéaire (*fig.* 2) pour une contraction égale à zéro. Ce temps croît exponentiellement avec $1/T_i$, et l'énergie d'activation apparente est de l'ordre de 12 Kcal/mol. *Le volume spécifique du polystyrolène est donc fonction de son « âge », c'est-à-dire du temps qui s'est écoulé depuis qu'il a été porté pour la dernière fois au delà de T_g.*

CHIMIE COLLOÏDALE. — *Détermination de la concentration critique des micelles de détergents anioniques par titration colorimétrique au moyen d'un colorant cationique : le chlorure de pinacyanol.* Note de Mlle **Madeleine Raison**, transmise par M. Jacques Duclaux.

On décrit une méthode de titration colorimétrique simple et rapide pour déterminer la concentration critique des micelles de toute une série de composés tensioactifs. On compare les résultats obtenus à ceux que peuvent donner les courbes de tension superficielle.

L'un des intérêts de la détermination de la concentration critique de formation des micelles des solutions de produits tensioactifs (¹) réside dans le fait que c'est à partir de cette concentration que tous les « pouvoirs » moussant, mouillant, émulsionnant, détergent, présentent leur maximum d'efficacité.

Les courbes de tension superficielle ne permettent presque jamais de situer cette valeur d'une manière précise : absence de point critique, anomalies dues à des phénomènes d'hydrolyse (²).

La titration colorimétrique au moyen de chlorure de pinacyanol (Eastman Kodak), étudiée par H. B. Klevens (³), est beaucoup plus précise. Les caractéristiques d'attraction et de structure respectives du détergent et du colorant pourraient expliquer leur interaction, d'après S. E. Sheppard et A. L. Geddes (⁴).

Technique. — On pèse 0,020 g environ du produit dont on veut déterminer

---

(1) H. S. Hartley, *Act. Sci. Ind.*, 387, 1936, p. 23.

(2) M. Raison, *Mém. Serv. Chim. État*, 37, 1952 (sous presse).

(3) M. L. Corrin, H. B. Klevens et W. Harkins, *J. Chem. Phys.*, 14, 1946, p. 481; H. B. Klevens, *J. Phys. Coll. Chem.*, 51, 1947, p. 1143.

(4) *J. Chem. Phys.*, 13, 1945, p. 63; 14, 1946, p. 216.

la concentration critique et c'est directement sur ce produit pur qu'on ajoute goutte à goutte la solution aqueuse de colorant à 0,03 g/l.

Les micelles étant toujours en équilibre avec la solution moléculaire, le bleu (solution dans la micelle) et le rose se superposent tant que l'on n'a pas atteint la concentration correspondant à une solution moléculaire. Les titrages ont été effectués aux environs de 50°, température au moins égale à celle du point de Krafft des corps étudiés.

Concentration critique des micelles (*C. M. C.*).

Produits (*).	Titration colorimétrique à ≈ 50° (M.10³).	Tension superficielle (**) à 60° (M.10³).
Laurate K	21,37-21,42-21,46	10 < C. M. C. < 200
Laurate Na	18,5-19,7	10 < » < 200
Laurylsulfate Na	4,8-5,6-4,6	4 < » < 10
Dodécanol de sulfate Na	9,55-12,3-10,6	10 < » < 20
Laurylsulfate Li	7-6,8	5 < »
Laurylsulfate K	5,6-4,7	4 < »
Laurylsulfonate Li	9,9-10,1	10 < » < 20
Laurylthiosulfate Na	3,04-2,9	2 < » < 8
Lauryléthylsulfonate Na	4,14-4,16	4 < »
Myristylsulfate Li	1,57-1,7	2 < » < 5
Cétylsulfate Li	0,33-0,24	0,5 < » < 25
Undécylthiosulfate Na	6,6-7,3	10 < » < 20

(*) Préparés par J. Bolle, laboratoire central des services chimiques de l'état.

(**) Mesurée avec le tensiomètre de Lecomte du Nouÿ; la concentration minima correspond au minimum de tension superficielle, la concentration maxima. à celle où commence le palier horizontal ou oblique ([5]).

On constate :

1° Un assez bon accord entre les valeurs obtenues par les deux méthodes;

2° une plus grande précision par la méthode de titration colorimétrique;

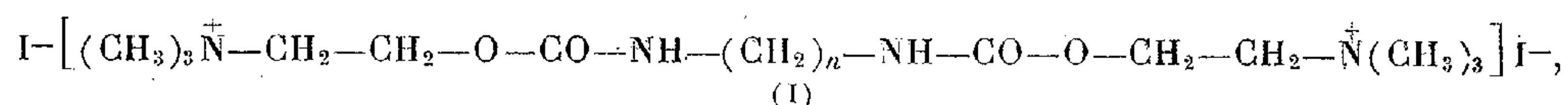
3° que les concentrations les plus faibles correspondant au minimum de tension superficielle sont généralement inférieures à celles trouvées par titration colorimétrique bien que très proches de ces dernières; ceci peut être dû au fait que pour les mesures de tension superficielle on utilise le *phénomène de surface* et dès que la concentration est suffisante pour former une micelle, elle s'adsorbe à la surface; tandis que pour la titration colorimétrique on fait appel à l'équilibre dans *la masse* entre les micelles et la solution moléculaire.

La méthode de titration colorimétrique exposée ci-dessus est une méthode simple et rapide pour déterminer la concentration critique de formation des micelles, quand le produit à étudier se dissout à une température inférieure à 55°, température limite au-dessus de laquelle le colorant est altéré.

([5]) J. Bolle, *Mém. Serv. Chim. État*, **37**, 1952 (sous presse).

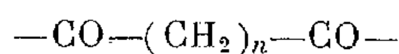
CHIMIE ORGANIQUE. — *Sur des bis-oxazolidones dérivées de biacides acycliques.* Note de MM. **Raymond Delaby, Pierre Chabrier** et **Henry Najer**, présentée par M. Marcel Delépine.

Ayant indiqué antérieurement (¹) la voie d'accès aux *bis*-iodures d'ammonium quaternaires de formule générale



$$I^-\left[(CH_3)_3\overset{+}{N}-CH_2-CH_2-O-CO-NH-(CH_2)_n-NH-CO-O-CH_2-CH_2-\overset{+}{N}(CH_3)_3\right]I^-, \quad \text{(I)}$$

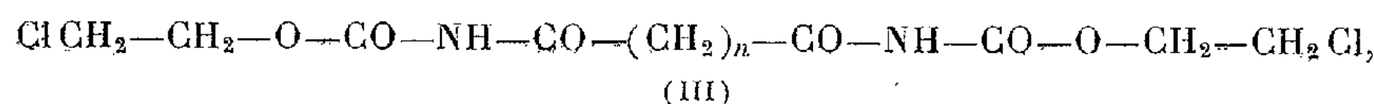
nous nous proposions, en vue d'une expérimentation pharmacodynamique, de préparer des sels analogues dans lesquels le motif central serait



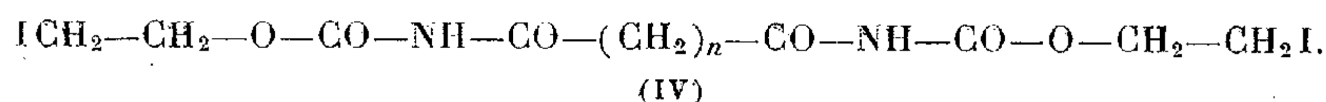
$$-CO-(CH_2)_n-CO-$$

au lieu de $-(CH_2)_n-$.

Dans ce but, nous pensions condenser en un premier temps les chlorures des diacides $ClCO-(CH_2)_n-COCl$ avec le carbamate de β-chloro ou β-iodo éthyle, ce qui donnerait les *bis*-carbamates de formules respectives :



$$ClCH_2-CH_2-O-CO-NH-CO-(CH_2)_n-CO-NH-CO-O-CH_2-CH_2Cl, \quad \text{(III)}$$



$$ICH_2-CH_2-O-CO-NH-CO-(CH_2)_n-CO-NH-CO-O-CH_2-CH_2I. \quad \text{(IV)}$$

L'action de la triméthylamine sur les dérivés diiodés (IV) conduirait alors aux dérivés ammoniums quaternaires cherchés.

1. En fait, en série acyclique, la condensation initiale s'effectue conformément aux prévisions, au bain-marie bouillant, sans milieu intermédiaire et avec des rendements variant selon le chlorure de diacide mis en œuvre, entre 45 et 75 % pour les *bis*-carbamates chloréthylés (III), entre 45 et 65 % pour les analogues iodéthylés (IV).

Nous avons de cette manière obtenu les *bis*-carbamates dans lesquels $n=0$ (oxalyle), $n=2$ (succinyle), $n=4$ (adipyle), $n=8$ (sébacyle) tandis que pour $n=1$ (malonyle), nous avons substitué l'acide au chlorure d'acide, en nous inspirant de la technique décrite par Conrad et Schulze (²) pour le carbamate d'éthyle. En maintenant au bain-marie bouillant durant 5 à 6 h au sein de l'anhydride acétique, 1 mole d'acide malonique et 2 moles de carbamate de β-chloro (ou iodo) éthyle, nous avons isolé 45 % environ de dérivé chloré (III) et 65 % de dérivé iodé (IV). Cette méthode ne paraît pas applicable aux homologues supérieurs de l'acide malonique; avec l'acide succinique, tout au moins, nous avons simplement récupéré les matières premières inchangées.

(¹) *Comptes rendus*, 235, 1952, p. 376.
(²) *Ber.*, 42, 1909, p. 734.

La substitution du chlore par l'iode dans ces dérivés a été également tentée par la méthode classique : ébullition prolongée des dérivés chlorés (III) avec un grand excès d'iodure de sodium dissous dans l'acétone anydre. Résultat inconstant : transformation pour 60 % dans le cas du composé succinylé, seulement quelques centièmes, au plus 10, pour le dérivé malonylé.

Les *bis*-carbamates (III) et (IV) sont des corps cristallisés, blancs, peu solubles à froid comme à chaud, dans l'eau, l'alcool, le benzène. Solvant de choix pour la recristallisation : l'acide acétique.

2. La même condensation effectuée avec le chlorure d'*o*-phtalyle aboutit à un monocarbamate (V) et non à un *bis*-carbamate (VI) comme en série acyclique

$$C_6H_4\langle{}^{CO}_{CO}\rangle N-CO-O-CH_2-CH_2Cl \qquad \text{(V)}$$

$$C_6H_4\langle{}^{CO-NH-CO-O-CH_2-CH_2Cl}_{CO-NH-CO-O-CH_2-CH_2Cl} \qquad \text{(VI)}$$

	trouvé	calculé pour (V)	calculé pour (VI)
N %	5,47	5,53	7,43
Cl %	13,77	14,03	18,83

Basterfield, Woods et Whelen [3] prétendent avoir obtenu le phtalyl-*bis*-carbamate d'éthyle dans l'interaction chlorure d'*o*-phtalyle et carbamate d'éthyle. La répétition de leur expérience nous a donné un monocarbamate : N % : trouvé, 6,31 ; calculé pour mono, 6,39; calculé pour di, 9,09.

3. La triméthylamine ne s'ajoute pas aux dérivés iodés du type (IV) pour conduire aux iodures d'ammoniums quaternaires que nous escomptions ainsi préparer. La mobilité de l'hydrogène dans les groupes —NH— est si grande que l'amine tertiaire élimine les éléments de l'acide iodhydrique, la double cyclisation produisant des *bis*-oxazolidones (VII) :

$$\begin{array}{l} CH_2-CH_2 \\ | \\ O——CO \end{array}\rangle N-CO-(CH_2)_n-CO-N\langle\begin{array}{l} CH_2-CH_2 \\ \quad\quad | \\ CO—O \end{array} \qquad \text{(VII)}$$

Leurs caractères extérieurs et leurs solubilités sont analogues à ceux des carbamates (III) et (IV). Les points de fusion de ces dérivés sont rapportés ci-dessous :

n.........	= 0.	= 1.	= 2.	= 4.	= 8.
Bis-carbamate (III) (°)...	198-199	168-169	179-180	186-187	170-171
» (IV) (°)....	229	177-178	205-207	217-218	181
Bis-oxazolidones (VII) (°).	238	169	–	138	–

[3] *J. Amer. Chem. Soc.*, **49**, 1927, p. 2945.

CHIMIE ORGANIQUE. — *Sur la désamination des acides o-m-p-aminobenzoïques et de l'acide p-aminosalicylique (2-hydroxy-4-aminobenzoïque) par l'acide nitreux selon D.-D. van Slyke.* Note de MM. **Paul Cristol, Christian Benezech** et **André Crastes de Paulet**, présentée par M. Maurice Javillier.

Au cours de l'étude de la désamination des acides aminés par l'acide nitreux, nous avons constaté que les trois acides ortho, méta et para-aminobenzoïques ne sont pas désaminés dans ces conditions ([1]). Nous avons par ailleurs montré ([2]) et ([3]) que la vitesse de désamination des amino-acides est d'autant plus grande que la constante de dissociation du carboxyle est elle-même plus élevée. La constatation précédente se trouve alors expliquée par la dissociation pratiquement nulle de ces trois acides comme l'indique Edsall ([4]); les rapports du nombre de molécules dissociées au nombre de molécules non dissociées sont en effet les suivants :

Acide *p*-aminobenzoïque (P. A. B.).............	0,135
» *o*-aminobenzoïque (O. A. B.).............	0,20
» *m*-aminobenzoïque (M. A. B.).............	2,29

Par contre, l'acide *p*-aminosalicylique (P. A. S.) est très rapidement désaminé par l'acide nitreux; la constante de vitesse de réaction à 16°, calculée par la formule habituelle des réactions monomoléculaires irréversibles est 1,31 soit le double de celle de l'alanine *dans les mêmes conditions*. Il était donc intéressant de connaître, pour ce composé, le nombre de molécules dissociées par rapport au nombre de molécules non dissociées, ce qui peut être fait par application de la formule suivante dont le principe est dû à Ebert ([5])

$$\text{Log}\, K_z = \text{Log}\left(\frac{K_1}{K_E} - 1\right),$$

dans laquelle : K_z, rapport cherché; K_1, constante de dissociation du carboxyle de l'acide *p*-aminosalicylique; K_E, constante de dissociation d'un ester de cet acide ([2]). Les déterminations de K_1 et K_E s'effectuent par des mesures potentiométriques selon Sörensen ([6]). On trouve dans ces conditions :

$$pK_1 = 1{,}60 \qquad pK_E = 10{,}47.$$

([1]) Nous avons utilisé, pour ces mesures, l'acide *p*-aminosalicylique et le *p*-aminosalicylate de phényle purs mis à notre disposition par le Professeur Paul et les Établissements Rhône-Poulenc. Nous les avons employés en solution M/10 dans un mélange de 48 % d'acétone et 52 % d'eau.

([2]) Pierre Cristol, *Thèse Médecine*, Montpellier, 1952.

([3]) Paul Cristol, C. Bénézech et S. Lissitzky, *Bull. Soc. Chim. biol.*, **31**, 1949, p. 150.

([4]) Cohn and Edsall, *Proteins, Amino-acids and Peptides*, New-York, 1943.

([5]) *Z. Physik. Chem.*, **121**, 1926, p. 385.

([6]) *Biochem Z.*, **21**, 1909, p. 131.

D'où : $\text{Log}\,K_z = pK_E - pK_1 = 8{,}87$ (formule simplifiée) et $K_z = 7{,}38.10^8$.

Le nombre de molécules dissociées est donc extrêmement élevé par rapport au nombre de molécules non dissociées; ce fait explique la facile et rapide désamination de l'acide *p*-aminosalicylique.

Si l'on prend l'alanine comme acide aminé de référence, on peut établir le tableau ci-dessous :

	Alanine.	P. A. S.	P. A. B.	M. A. B.	O. A. B.
pK_1	2,39	1,60	2,32	3,04	2,03
pK_E	7,80	10,47	2,38	3,56	2,09
$\text{Log}\,K_z$	5,41	8,87	−0,87	0,36	−0,70
$\dfrac{\text{Molécules dissociées}}{\text{Molécules non dissociées}}$	257.10^3	730.10^6	0,135	2,29	0,20
Constante de vitesse de désamination par rapport à l'alanine	1	2	0	0	0

Il en résulte que la valeur de la constante de vitesse de désamination d'un acide aminé dépend du nombre de molécules dissociées par rapport aux molécules non dissociées. Les chiffres sont particulièrement suggestifs avec les acides *o*- *m*- et *p*-aminobenzoïques d'une part, l'acide *p*-aminosalicylique d'autre part.

MINÉRALOGIE. — *Sur le mécanisme de diffusion de l'hélium dans les zircons.* Note de M. **Paul Pellas**, présentée par M. Charles Mauguin.

Dans un article récent (1), P. M. Hurley, étudiant des zircons et des sphènes en vue de déterminer leur âge géologique par une modification de la méthode à l'hélium, attribue en particulier à l'ionisation produite par les rayons α, les dommages observés dans les structures cristallines des zircons. L'ionisation permettrait, en outre, aux atomes d'hélium de diffuser plus facilement dans le réseau cristallin perturbé.

Les dommages produits dans un solide par les rayonnements de particules lourdes chargées dépendent du type de liaison des atomes dans le réseau. S'il est justifié d'admettre que dans les composés moléculaires les effets de l'ionisation suffisent à détruire ou à modifier la structure (2), dans les composés ioniques ou à ionicité prépondérante, l'ionisation, tout en perturbant le système électronique (création de centres F, F', etc.) n'amène cependant pas un passage à la structure désordonnée décelable aux rayons X.

Le zircon ne possède pas un réseau exclusivement ionique (3), mais

(1) *Trans. Amer. Geophys. Union*, **33**, 1952, p. 174.

(2) B. Stech, *Z. Naturforsch.*, **7** *a*, 1952, **2**, p. 175.

(3) W. Huckel, *Structural Chemistry of Inorganic Compounds*. II, Elsevier, New-York, 1950, p. 575.

si un rayonnement ionisant peut entraîner un changement de coloration dans le cristal, la transition à l'état amorphe ne s'explique que dans la mesure où la proportion des atomes déplacés *d'une manière permanente* et à la température normale, à la suite des chocs élastiques avec les particules lourdes (rayons α, noyaux de recul) au-dessous de leur seuil d'ionisation, devient importante par rapport au nombre d'atomes encore maintenus en des sites réticulaires normaux ([4]). Ces atomes interstitiels, et les lacunes qui en résultent, suffisent à expliquer la transition à l'état de désordre et la plus grande perméabilité à la diffusion de l'hélium.

Calculons le nombre d'atomes déplacés dans le cas de trois zircons étudiés par Hurley. Pour faciliter les calculs, nous ferons les hypothèses suivantes :

a. la radioactivité de ces zircons est uniformément répartie dans le réseau (dispersion atomique du thorium);

b. chaque atome du réseau est lié avec une énergie moyenne de 10 eV;

c. le seuil d'ionisation choisi correspond à la vitesse d'un électron ayant une énergie de 1 eV, ce qui signifie implicitement que le premier niveau d'excitation électronique dans $ZrSiO_4$ présente une énergie de 8 eV. Ce n'est là qu'une valeur plausible que l'expérimentation modifiera. Nous considérerons enfin la moyenne des énergies des rayons α et des noyaux de recul associés de la série du thorium, ainsi que le nombre et le poids atomiques moyens des éléments constituant le cristal.

En effectuant le calcul avec ces hypothèses ([5]), nous trouvons qu'un rayon α et son noyau de recul déplacent adiabatiquement ([6]) 110 et 781 atomes, c'est-à-dire globalement près de 900 atomes.

En tenant compte de l'activité α par milligramme et par heure mesurée par Hurley, et de l'âge géologique probable du zircon, on peut calculer le flux N de rayons α, émis dans l'angle solide 4π, en considérant d'une part un poids spécifique moyen de 4,5 et une épaisseur efficace de 23,4 μ (équivalente au parcours moyen des rayons α de la série du thorium dans le cristal). Il est facile alors d'évaluer le pourcentage d'atomes déplacés dans le reseau des trois cristaux.

Zircons n°	Age géologique (millions d'années).	N (α/cm²).	Nombre d'atomes déplacés.	% d'atomes déplacés.
1678.......	1050	$1,4.10^{16}$	$1,2.10^{19}$	5,7
1800.......	920	$5,2.10^{16}$	$4,6.10^{19}$	21,1
1805.......	920	$12,7.10^{16}$	$11,3.10^{19}$	51,6

([4]) P. Pellas, *Comptes rendus*, **233**, 1951, p. 1369; **234**, 1952, p. 538.

([5]) F. Seitz, *Disc. Farad. Soc.*, **5**, 1949, p. 271.

([6]) Les déplacements ne sont pas strictement adiabatiques (*cf.* N. Bohr., *Danske Vidensk. Selsk. Mat. fys. Medd.*, **18**, n° 8, 1948).

Ces résultats ne représentent qu'un ordre de grandeur. En dehors des simplifications admises, nous n'avons pas tenu compte du fait que les atomes déplacés en des positions interstitielles ne sont plus liés dans le réseau avec une énergie de 10 eV, mais par des forces du type Van der Waals. En outre, quand le taux d'irradiation croît, dans la proportion d'atomes déplacés effectivement calculée, une part croissante comprendra des atomes ayant déjà subi des chocs répétés qui peuvent alors réacquérir une position normale ou se placer à nouveau en position d'insertion. De plus, nous ne tenons pas compte du processus spontané de « guérison » qui peut être important dans les composés à ionicité prépondérante. Une erreur par excès intervient donc dans le pourcentage théoriquement calculé d'atomes déplacés et cette erreur est proportionnelle au taux d'irradiation. Néanmoins, l'ordre de grandeur des résultats correspond bien d'une part à la transition ordre-désordre presque complète que l'on constate sur le cliché de rayons X de l'échantillon n° 1800, transition qui est d'autre part totale dans le diagramme du zircon n° 1805.

En définitive, la diffusion de l'hélium s'explique qualitativement par les lacunes ainsi créées. Du temps origine au temps t_1, les vacances sont encore relativement rares et la concentration d'hélium dans le réseau augmente presque uniformément. A la fin de cet intervalle de temps, la perte par diffusion est déjà notable, même si elle n'équilibre pas encore le taux de formation de l'hélium. A partir du temps t_1, et pendant une très courte période, un équilibre se réalise entre les taux de production et de diffusion de l'hélium; mais à mesure que le nombre de vacances continue à croître, le taux de diffusion augmente jusqu'à dépasser le taux de formation de l'hélium. La concentration d'hélium dans le réseau ira alors en décroissant.

C'est bien là le mécanisme observé par Hurley.

RADIOCRISTALLOGRAPHIE. — *Détermination des désorientations réticulaires par diffraction des rayons* X *transmis dans les monocristaux*. Note de MM. **Honoré Lambot** et **Lawrence Vassamillet**, présentée par M. Charles Mauguin.

Un faisceau de rayons X issu d'un foyer fin réalisé par concentration électrostatique sur une anticathode en molybdène est réfléchi sur un monochromateur à quartz courbé. Ce dernier est soigneusement réglé de manière à permettre la séparation nette du doublet $K\alpha$. La composante $K\alpha_2$ est éliminée à l'aide d'un couteau effilé réglable et disposé à environ 1 cm du point de focalisation. Les échantillons monocristallins placés en cet endroit sont ainsi irradiés par la bande $K\alpha_1$ ayant la forme d'une petite droite réglable en hauteur et de 60 μ de largeur.

Le régime du tube est de 2 mA à 40 kV.

1. Les cristaux réels entraînés dans une oscillation continue donnent, en quelques minutes et à une dizaine de centimètres, des taches de Bragg dont la forme et les dimensions aisément prévisibles sont indépendantes de la perfection géométrique du réseau. Par contre, la répartition interne de l'intensité diffractée n'est pratiquement jamais uniforme et est systématiquement caractérisée par une striation bien marquée. L'orientation de ces stries d'intensité variable est celle de la tangente aux hyperboles constituant les rangées de taches obtenues sur film plan.

Cette structure, inobservée à ce jour et pourtant très générale, peut être rattachée aux désorientations des normales réticulaires dans un plan vertical et aux variations du facteur d'extinction dans la région irradiée.

2. Si le cristal est laissé fixe en position de réflexion pour une famille de plans verticaux et si le film est placé à grande distance (1 à 2 m), il est possible de mesurer avec grande précision la désorientation maximum des normales horizontales dans le volume intéressé à partir de la détermination de l'ouverture azimutale du faisceau réfléchi.

Le calcul de la largeur instrumentale en fonction de l'épaisseur traversée et de la largeur du faisceau nous a conduits à la valeur

$$L = \left| E\frac{\sin 2\theta}{\sin(\theta-\alpha)} \right| + \left| \mp \frac{\sin(\theta+\alpha)}{\sin(\theta-\alpha)} \sin(\theta-\alpha+\beta) \right|,$$

où est E, l'épaisseur du cristal; F, la largeur du faisceau à la focalisation; θ, l'angle de Bragg; α, l'angle du plan réflecteur avec la surface du cristal; β, l'angle de la surface du cristal avec le plan perpendiculaire au rayon incident moyen.

Dans cette formule, les angles aigus α et β doivent être comptés positivement vers la surface du cristal à partir respectivement du plan réflecteur et du plan perpendiculaire au rayon incident moyen, dans le sens des aiguilles d'une montre.

Cette expression montre que la largeur instrumentale est la plus faible pour un angle θ minimum et un angle voisin de $(90° - \alpha)$. Dans ces conditions, on voit qu'il est possible de mettre en évidence des écarts angulaires aussi faibles que 10 à 20 s. Bien qu'une telle détermination exige l'adoption d'une grande distance film-échantillon (1 à 2 m), elle n'entraîne pourtant qu'un temps de pose de l'ordre d'une heure avec des cristaux dont l'épaisseur est optimum pour $\mathrm{Mo\,K}\alpha_1$.

Mais la forme de la tache et la répartition de l'intensité nous permettent, de plus, de fixer les variations de l'imperfection dans les différentes portions de la tranche cristalline de 60 μ de largeur.

3. Si nous décomposons le domaine de réflexion en une série de positions discrètes pour le cristal et si, entre deux poses successives, nous décalons le film en translation, nous pouvons mesurer des désorientations azimu-

tales supérieures à l'angle d'ouverture du faisceau et également suivre l'évolution de l'intensité diffractée aux différents niveaux de la zone étudiée en relation avec les imperfections citées plus haut.

Nos recherches ont porté sur des cristaux minéraux, organiques et métalliques qui, jusqu'à présent, nous ont toujours permis de confirmer les faits précités. Il nous a été presque impossible de trouver des monocristaux vraiment parfaits et les échantillons les meilleurs à ce point de vue semblent ceux de quartz qui révèlent rarement des décalages angulaires supérieurs à 10 ou 20 s. Ce résultat confirme les observations de Guinier et Tennevin (¹) par la méthode du Laue focalisé basée sur l'examen d'une zone beaucoup plus large dans le cristal.

GÉOLOGIE. — *Géologie des collines sous-vosgiennes entre la Thur et le Silbach.* Note de M. **Georges Dubois**, Mlles **Suzette Gillet** et **Thérèse Kolb**, transmise par M. Pierre Pruvost.

Depuis la parution de la carte géologique au 1/80 000 du département du Haut-Rhin dressée par J. Delbos et J. Koechlin-Schlumberger (1865), rien de très précis n'avait été publié sur la cartographie des collines sous-vosgiennes au Sud-Ouest de la Thur, si l'on excepte la région de Lauw entre la Doller et le Silbach affluent de celle-ci. On sait (¹) qu'ici un champ de fractures triaso-jurassiques, riche de Saxonien à la base et de Rauracien au sommet, s'étale sur 3 km de large entre la montagne schisto-grauwackeuse viséenne et les coteaux oligocènes essentiellement marneux du palier de Sentheim.

Nous avons revu la bande de collines triaso-jurassiques au Nord-Est du Silbach, région d'observation géologique difficile, en raison de l'étroitesse de ses affleurements, et de leur couverture boisée subcontinue.

La montagne schisto-grauwackeuse s'élève au voisinage de la faille vosgienne vers les altitudes 500 à 700 m; les coteaux oligocènes entre 300 et 500 m.

Les masses triaso-jurassiques s'observent vers 350-375 m, aux débouchés des rivières vosgiennes, et jusqu'à 500 m sur les hauteurs entre ces rivières. On peut les localiser en quatre points qui sont successivement du Nord-Est au Sud-Ouest : 1° rive droite du Steinby; 2° au Rigisbourg, face à Leimbach; 3° entre Rammersmatt et le Kaltenbach; 4° en rive gauche du Silbach. Entre ces divers affleurements, l'oligocène marneux s'applique directement contre la montagne grauwackeuse, sur environ 300 m, entre le 1er et le 2e d'entre eux, sur 2 km entre le 2e et le 3e, d'une part, et entre le 3e et le 4e, d'autre part. Si en certains lieux les formations sont en place (nous voulons dire simplement

---

(¹) *Acta Cryst.*, 2, 1949, p. 133.

(¹) S. Gillet et D. Schneegans. *Bull. Serv. Cart. Géol. Als. et Lorr.*, 2, 3, 1935, p. 163-193, 5 fig., pl. XVI.

dérangées par une tectonique faillée postoligocène), en d'autres elles se présentent en désordre d'éboulement, le dérangement ayant d'ailleurs été de faible étendue.

Les formations suivantes ont été reconnues :

JURASSIQUE-BAJOCIEN SUPÉRIEUR : Grande Oolithe (souvent avec grandes oolithes).

AALÉNIEN SUPÉRIEUR : Argile gréseuse à Bélemnites et *Pecten pumilus*, au Rigisburg.

AALÉNIEN INFÉRIEUR-CHARMOUTIEN-LOTHARINGIEN : Argile livrant le long d'un sentier en pente, sur une longueur de 100 m au Rigisburg, face à Leimbach : *Amaltheus spinatus, A. margaritatus, Arnioceras*, Belemnite charmouthienne, *Trochus subduplicatus, Isastrea Bernardina*. D'une manière générale les fossiles stratigraphiquement élevés se trouvent en bas de la pente, à l'inverse des autres, indication d'une forte inclinaison, avec failles vraisemblablement multiples.

TRIAS. FRANCONIEN (FRÉDÉRICIEN SUPÉRIEUR) : Calcaire coquillier *Cœnothyris vulgaris*, affleurement large de 250 m à Rammersmatt, de 10 m au Silbach.

VOGÉSIEN : affleurement de grès éboulés, vraisemblablement VASLÉNIEN-SAVERNIEN avec poudingue de Sainte-Odile, au Steinby et à Rammersmatt. Grès vosgien savernien au Silbach (affleurement large de 15 m) au bas du coteau de Bergwald.

ANTÉTRIASIQUE : Argiles, grès, arkoses rouges, saxoniens et rhyolithes en blocs, vraisemblablement autuniennes.

Conclusion. — Le Silbach sépare dans le champ de fractures sous-vosgien deux régions bien tranchées : une région au Nord, couronnée stratigraphiquement par le Bajocien, les couches plus élevées ayant été enlevées par l'érosion antéoligocène, comme presque partout en Alsace (faciès vosgien) (2); une région au Sud où la série stratigraphique est pratiquement complète jusqu'au Rauracien inclus (faciès jurassien) (2).

Une opposition si tranchée à 200 m d'éloignement seulement, semble indiquer qu'une tectonique brusque, vraisemblablement faillée, a déjà joué à l'antéoligocène.

GÉOLOGIE. — *Structure géologique de la façade atlantique de la Vendée et plissements posthumes en Aquitaine*. Note de M. **GILBERT MATHIEU**, transmise par M. Pierre Pruvost.

Les cartes marines de la plate-forme continentale au large des côtes du Bas-Poitou attirent l'attention sur le relief très particulier du plateau sous-marin de Rochebonne situé à 56 km au Sud-Ouest des Sables-d'Olonne et 60 km au Sud de l'île d'Yeu. Ce plateau sous-marin comprend un chapelet de pitons rocheux qui s'alignent suivant 10 km en parfaite direction sud-armoricaine avec un parallélisme remarquable par rapport à l'allongement de l'île d'Yeu. Le piton Nord atteint la cote —4, tandis que le piton Sud s'élève à —8; cette crête à peine submergée domine du côté

(2) S. GILLET, *Ibid.*, 4, 1937, p. 100.

Ouest un relief de faille qui nous fait passer brusquement à — 60 et puis rapidement à — 90; l'inclinaison de la plate-forme est, au contraire, plus douce vers le continent, c'est-à-dire le littoral des Sables à Jard.

Si l'on compare le haut-fond de Rochebonne à la morphologie de l'île d'Yeu, l'analogie est frappante, car l'île d'Yeu, tout à fait dissymétrique, est abrupte à l'Ouest (côte Sauvage), où l'on passe de 30 m d'altitude au Cap des Degrés à — 30 dans les fonds marins au pied des falaises. C'est donc le même ordre de grandeur dans le relief qu'à Rochebonne avec direction identique. De la structure de l'île d'Yeu (1), anticlinal gneissique soulevé en dôme post miocène (et butant à l'Est par faille contre le Lutétien du Pont d'Yeu), on peut prévoir la constitution géologique de Rochebonne. M. L. Dangeard (2) y a signalé « *des micaschistes à mica noir* » obtenus par dragage, et il est fréquent que les chalutiers du port de La Rochelle ramènent dans leurs filets de gros blocs de tels micaschistes disséminés sans doute autour de ce plateau sous-marin par des phénomènes périglaciaires wurmiens.

Cet affleurement de micaschiste sur la plate-forme de l'Atlantique à 100 km à l'Ouest de La Rochelle élargit singulièrement le domaine armoricain. Déduisons la signification tectonique de ce petit massif primaire intégré dans l'ensemble de la structure vendéenne.

1. La limite Nord de l'Hettangien du Bassin d'Aquitaine remonte de Talmont aux Sables-d'Olonne (Saint-Jean-d'Orbetiers) et il existe ensuite un compartiment effondré d'Infralias entre Olonne et le Havre de la Gachère et évidemment sous la mer. De sorte qu'entre l'anticlinal gneissique d'Yeu passant au large de l'îlot des Barges devant Les Sables et la côte atlantique de Saint-Gilles, on doit admettre une ligne synclinale de Lias. Les micaschistes de La Pointe du Payré constituent le versant Nord-Est de l'anticlinal d'Yeu et dans l'anse de Saint-Nicolas une flexure importante, revue récemment par M. P. Butel (3), conduit à un sous-sol océanique entièrement en Jurassique (Dogger des falaises de Jard, Oxfordien de la Pointe du Grouin du Cou). La suite (Lusitanien et Kimméridgien) constitue l'île de Ré, aussi le plateau submergé de Rochebonne en micaschiste ne peut être qu'un nouvel anticlinal de cristallophyllien rigoureusement parallèle à celui d'Yeu. Entre les axes primaires d'Yeu et de Rochebonne, un large synclinal secondaire est entièrement noyé. Il est d'ailleurs très probable qu'il existe un anticlinal intermédiaire

(1) G. Mathieu, *Comptes rendus*, **206**, 1938, p. 849 et 1118; *Bull. Carte géologique*, n° **219**, 1945, p. 1 à 40.

(2) *Cartes lithologiques : Mer de France*, mars 1936 et *Sonderabdruck aus Geologie der Meere*, Bd. 3, Heft. 2, 1939, p. 129-142.

(3) *Bull. Serv. Carte Géol. France*, n° **232**, **44**, 1951, p. 106.

correspondant au relèvement jusqu'au Primaire de l'axe Oléron, Gémozac, Jonzac. L'architecture générale de la Vendée paléozoïque à l'Ouest du Sillon carbonifère se présente alors harmonieusement composée de trois anticlinaux de gneiss et de micaschistes : 1° l'anticlinal Lac de Grand'Lieu, les Essarts, Mervent, Saint-Pompain; 2° l'anticlinal île d'Yeu, Pointe du Payré; 3° l'anticlinal de Rochebonne. Autre constatation remarquable, l'écartement des trois plis est sensiblement constant, soit environ 60 km. Entre l'anticlinal des Essarts déversé vers le Nord-Est et celui d'Yeu vers le Sud-Ouest, la région côtière de Saint-Gilles est le secteur des mylonites dans le Briovérien.

Entre le sillon houiller du Layon et Rochebonne, situé un peu au Nord-Est du point de coordonnées (lat. 46°, long. 5° W, Paris), le massif vendéen mesure 200 km pris transversalement aux plissements sud-armoricains et le fossé de continuelle subsidence de Chantonnay y occupe une position médiane. Les micaschistes de Rochebonne augmentent l'importance du cristallophyllien de Vendée, aussi on peut dire que les trois grandes régions briovériennes de Cholet, de Chantonnay et de Challans-La Roche sont largement encadrées de granite et de cristallophyllien.

2. Au Tertiaire, il s'est formé trois fossés parallèles remplis de Jurassique : celui de Chantonnay, celui d'Olonne-La Gachère et celui de la plate-forme atlantique.

On sait que le jeu posthume des anticlinaux du Primaire de Vendée est en relation directe avec les dislocations du Poitou et les plis nord-aquitains décrits depuis longtemps par Ph. Glangeaud (4). L'anticlinal des Essarts Mervent est lié au horst de Montalembert (5) et celui de l'île d'Yeu s'aligne avec le dôme de Mareuil-sur-Belle par l'intermédiaire du dôme de la Pointe du Lizay (île de Ré). Le troisième anticlinal, de Rochebonne, s'aligne avec la pointe de Grave. Si son relèvement à été notable à une période post-miocène comme ses voisins, ainsi que le laisse supposer son relief de faille, d'autres dômes anticlinaux en chapelet doivent le prolonger dans le Bassin tertiaire d'Aquitaine noyés sous le Néogène du Médoc. Ceci peut avoir des conséquences fort intéressantes pour la prospection.

Il apparaît de plus en plus que la tectonique superposée du Centre-Ouest (6) de la France consiste en dômes postsidérolithiques placés au croisement des dislocations sud-armoricaines Nord-Ouest-Sud-Est et des plissements andins Est-Ouest dont M. G. Waterlot a été le premier à nous signaler l'importance dans le Jurassique de l'Aunis (7).

---

(4) *Bull. Serv. Carte Géol.*, 8, n° 50.
(5) G. Mathieu, *Thèse*, Lille, 1937, p. 288, *fig.* Planche dépliante B.
(6) G. Mathieu, *Comptes rendus*, 234, 1952, p. 1897.
(7) *Comptes rendus*, 212, 1941, p. 278; *Bull. Carte Géol. France*, n° 231, 48, 1950, p. 91.

Remarquons donc que le dôme de Cristallophyllien de Rochebonne se trouve au croisement d'un relief d'une faille sud-armoricaine et de l'anticlinal andin du Nord de La Rochelle (dit de Bourgneuf) tout récemment décrit par M. G. Waterlot.

GÉOLOGIE. — *Observations sur l'action de la houle de Mistral en quelques points du littoral provençal.* Note de M. **Jean-Joseph Blanc**, transmise par M. Pierre Pruvost.

L'attention est attirée sur l'existence et sur l'action de courants de fond de retour, entraînant au large les sédiments.

En Provence, le Mistral et la Tramontane présentent des sautes brusques, souvent violentes; de plus, l'orientation des baies et des criques conditionne le bilan sédimentaire des plages. On étudie ici *le cas particulier où le Mistral « souffle de la mer »*. Son action se traduit par un amaigrissement de la plage. Parmi de nombreuses stations, les plages de La Gorguette (Bandol, Var) et la crique de Port-Issol (Sanary, Var), ont été choisies en raison de leur orientation particulière (N-S), face au Mistral. La première est une baie ouverte, tandis que la deuxième est une crique relativement abritée par les indentations de la côte rocheuse. Une autre étude sera consacrée aux actions de transfert latéral.

I. Exemple de baie largement ouverte : La Gorguette, a Bandol. — A partir du talus littoral, l'on observe un sillon suivi vers le large d'une ride sableuse.

1. *Zone située entre le rivage et la ride littorale.* — Dans cette cuvette allongée à axe parallèle à la côte, l'agitation est particulièrement importante, les ripple-marks sont imbriquées et irrégulières. La densité des suspensions s'accroît vers le rivage. Sur le fond, les sédiments s'éloignent et se rapprochent alternativement du talus, mais le mouvement résultant a pour effet de les en éloigner. Le déferlement des vagues, amorcé dès la crête de la ride, se continue vers le rivage. Cette zone est le siège de tourbillons, surtout le long de la retombée littorale de la ride. Ces derniers sont à axes horizontaux, mais l'on observe aussi des transports ascendants remontant les sables vers la surface. Le transport des sédiments s'effectue surtout le long du fond; une grande quantité est mise en suspension, transportée vers la ride (donc vers le large).

2. *La ride.* — Le déferlement des rouleaux commence là; les frottements contre le talus de la ride déterminent la cessation du régime des ripple-marks régulières. Aux abords de la crête de la ride se manifestent les arrachements de sable. Ce dernier se déplace vers le large par saltation ou par

traction le long du fond, en formant une lame de quelques centimètres d'épaisseur. Au niveau de la ride commence la zone de *turbulence maximum*, les vagues cèdent par frottement une grande partie de leur énergie. La surface d'arrachement est la crête de la ride et le sommet du « versant au large » de cette dernière. Les ripple-marks ne peuvent s'y former ou sont aussitôt arrachées.

3. *Zone située au large de la ride.* — La houle se fait régulièrement sentir jusqu'à une profondeur de quelques mètres. A — 2 m, lors du passage des trains de vagues les plus importants, tous les sédiments, le long du fond, sont remis en mouvement et se déplacent par saltation en suivant les balancements de la houle. Lorsqu'à cet endroit le maximum d'agitation est passé, les sédiments se dirigent vers le large suivant des directions préférentielles perpendiculaires aux ripple-marks, déterminant parfois de légers chenaux. Les troubles suivent le fond et donnent des bandes étirées, rectilignes, perpendiculaires en général à l'axe des trains de vagues. A cet emplacement, les ripple-marks se régularisent, deviennent parallèles; elles s'infléchissent souvent au voisinage des chenaux correspondant au retour des sédiments vers le large.

II. Exemple de crique relativement abritée : Port-Issol (Sanary). — De 1,5 à 3 m de profondeur, les sédiments subissent le balancement de la houle et la résultante de cette action tend à les entraîner vers le large. Sur le fond, ce déplacement s'effectue par des chenaux entaillant de 0,20 m le réseau des ripple-marks. Leur longueur est de plusieurs dizaines de mètres; espacés de 1,5 à 0,40 m, ils forment une suite de vallonnements parallèles. Les chenaux sont orientés obliquement par rapport à la direction des ripple-marks (140°) et, tout en conservant la même orientation, leur axe subit d'incessants déplacements latéraux, alternatifs, du fait de la houle. Ainsi, l'ancien tracé est reconstitué après le passage de deux rouleaux. Vers le large, les chenaux s'observent encore à plusieurs mètres de profondeur, mais leur déplacement latéral s'atténue pour cesser vers — 2 m.

Conclusions. — Ainsi, ces observations directes montrent *la réalité et l'importance de l'action des courants de fond de retour* (undertow), conformément à la théorie classique, battue en brèche il y a quelques années, dont A. Rivière a récemment montré la valeur [1]. Ces courants exercent une indéniable action d'entraînement au large des sédiments. Il est remarquable qu'une action localisée, liée aux détails de la topographie littorale, suffise à déclencher le phénomène.

---

[1] A. Rivière, *Proc. of the 3 rd. International Congress of Sedimentology*, Groningen-Wageningen, Netherlands, 1951, p. 211-218.

GÉOGRAPHIE PHYSIQUE. — *Nature et origine du relief de la Dorsale guinéenne* (¹). Note (*) de MM. **Maxime Lamotte** et **Gabriel Rougerie**, présentée par M. Charles Jacob.

A l'encontre de la majeure partie de l'Ouest africain, au relief monotone, la région qui s'étend depuis la Guinée portugaise jusqu'à la Côte d'Ivoire réalise, parallèlement à la côte atlantique et à quelques 300 km d'elle, un alignement de massifs montagneux fortement individualisés, dominant parfois de plus de 1000 m les pays subhorizontaux qui les entourent (²). Deux éléments fondamentaux permettent d'élucider le problème de la nature et de l'origine de ces reliefs, qui paraissent aberrants en l'absence de tout mouvement orogénique récent.

Ils se révèlent, en premier lieu, étroitement liés à la nature pétrographique des terrains (³). Parmi les plus hauts d'entre eux, le Nimba et le Simandou correspondent strictement à des affleurements de bancs subverticaux de quartzites à minerai de fer, roches mécaniquement les plus dures de la région et les plus résistantes chimiquement; grâce à leur énorme teneur en fer, elles donnent, en effet, des produits d'altération formant rapidement une couche protectrice très efficace. Les formations géologiques qui environnent ces deux chaînes, moins dures et surtout plus altérables, restent en contrebas; l'amphibolite, roche dont la dureté et la résistance chimique sont inférieures à celles des quartzites, mais supérieures à celles des granito-gneiss, donne précisément des contreforts à mi-hauteur et, plus loin, des collines d'altitude intermédiaire. Dans tous les détails de leur topographie, ces montagnes, dont une étude géologique assez poussée a été faite, traduisent une adaptation étroite à la structure. D'autres reliefs correspondent à des venues doléritiques massives : si, en effet, la dolérite est une roche qui s'altère facilement sous ces climats, ses produits de décomposition conduisent, sous certaines conditions de subhorizontalité de la surface topographique, à la formation d'une cuirasse latéritique dont la dureté, et plus encore l'inaltérabilité, sont tout à fait remarquables.

Un cas plus difficile à expliquer, en apparence, est celui des massifs granitiques, dont les principaux sont ceux de Man et des Touras, du Ziama, et de Kissidougou et Guéckédou. Pourquoi se trouvent-ils ainsi en relief

---

(*) Séance du 3 novembre 1952.

(¹) Ces recherches ont été effectuées au cours d'une mission de plusieurs mois en Guinée forestière.

(²) *Voir* les Cartes topographiques au 1/200 000 de Man, Nzénékoré, Macenta et Beyla.

(³) *Voir* Carte géologique de la Guinée forestière, dans Obermuller, *Bull. du Service des Mines*, n° 5, 1941.

au milieu de formations dont la plupart sont de nature granitogneissique et donc très voisines par la dureté et la nature chimique ? Quelques remarques peuvent être faites pour apporter des éléments de solution à ce problème dont aucune étude importante n'a été effectuée jusqu'à ce jour dans l'Ouest africain.

Il apparaît nettement, tout d'abord, que la composition chimique domine toute l'évolution du modelé en milieu intertropical, et que de faibles différences de cet ordre suffisent parfois à entraîner des destinées tout à fait dissemblables. L'abondance des éléments noirs (amphibole, biotite) chez certains granites détermine, par ferruginisation, une tendance au cuirassement, tandis que, chez les granites leucocrates, l'altération conduit à des arènes et à des sables facilement déblayés par les eaux courantes. La structure des roches intervient également de façon indiscutable : les granites intrusifs, post-tectoniques, résistent mieux que des granitoïdes encaissants, hachés de diaclases. Enfin, les conditions topographiques constituent un facteur non négligeable; il peut y avoir, en effet, apport d'éléments ferrugineux, comme c'est le cas au voisinage des massifs quartzitiques du Nimba et du Simandou, où des granites se trouvent ainsi protégés et comme fossilisés sous une cuirasse; et d'autre part, une fois mise en relief, pour l'une ou l'autre de ces raisons, une zone granitique aura beaucoup de chances d'y demeurer, parce que soustraite à l'altération maxima qui se fait au niveau hydrostatique : il se produit une sorte d'« autocatalyse » du relief, qu'il faut voir sans doute à l'origine de nombreux massifs granitiques.

Le second élément qui permet d'éclairer de manière très suggestive la nature de ces reliefs est la présence des surfaces et des niveaux d'érosion. Nous en avons signalé déjà l'existence dans la chaîne du Nimba à 500, 800, 1300 et 1600 m [4]. D'une manière plus générale, ils apparaissent avec netteté partout où des dépôts ferrugineux protecteurs sont venus les fossiliser, c'est-à-dire au voisinage ou sur l'emplacement des formations riches en fer : quartzites à magnétite en premier lieu et, dans une moindre mesure, amphibolites et dolérites. On retrouve ainsi des niveaux tout à fait comparables à ceux du Nimba dans la chaîne quartzitique du Simandou et à son pourtour, sur les retombées orientales, doléritiques, du Fouta-Dialon, et sur les nombreux reliefs résiduels, doléritiques ou amphibolitiques, qui parsèment la Haute-Guinée. Leurs altitudes oscillent avec une constance parfaite autour des 500, des 800, des 1600 et, plus rarement des 1300 m.

Là, où le substratum est pauvre en fer, les niveaux sont moins nets dans le détail, mais une vue plus synthétique, sur cartes ou sur le terrain, du haut d'une éminence, permet d'en retrouver les grandes lignes.

---

[4] J. C. Leclerc, M. Lamotte, J. Richard-Molard, *Comptes rendus*, **228**, 1949, p. 1510.

Des niveaux ainsi étagés, à des altitudes et avec des physionomies partout comparables, à travers les pays de la Dorsale guinéenne, sont la preuve d'un exhaussement progressif de la région. De part et d'autre d'une charnière grossièrement orientée NW-SE et jalonnées de venues doléritiques à la faveur des cassures produites, deux panneaux ont basculé. Sur ces panneaux, un relief de nature appalachienne a été dégagé, avec une vigueur plus grande près de la charnière, là où le soulèvement était maximum.

GÉOGRAPHIE PHYSIQUE. — *Sur la morphométrie du massif galiléen.* Note de M. **Étienne de Vaumas**, présentée par M. Emmanuel de Margerie.

Le massif galiléen est limité, au Nord par le Nahr Qasmié, à l'Est par la dépression du Houlé, au Sud par la plaine d'Esdrelon, à l'Ouest par la plaine côtière. La frontière de la République libanaise et de l'État israélien le traverse selon un axe Ouest-Est qui délimite deux régions naturelles : l'une orientée vers le Nord-Ouest, l'autre vers le Sud. Chacune comprend un noyau montagneux (ou Haute-Galilée) et un pays d'altitude réduite (ou Basse-Galilée).

Les caractéristiques morphométriques du massif sont intéressantes à considérer.

1. *Les courbes hypsographiques.* — La Haute-Galilée, prise dans son ensemble ou dans chacune de ses parties, de même que la Galilée libanaise (haut et bas pays réunis), ont des courbes hypsographiques qui montrent une distribution des superficies par tranches d'altitude en un triple compartiment : les altitudes inférieures ne représentent qu'une surface restreinte, les altitudes moyennes un développement beaucoup plus considérable, les altitudes supérieures une superficie à nouveau réduite.

La Galilée palestinienne, au contraire, offre une courbe très différente. Les superficies par tranches d'altitude vont décroissant de la base vers le sommet. L'adjonction de la Basse-Galilée à la Haute-Galilée transforme donc complètement, dans ce secteur, le type de la courbe à la différence de ce qui se passe en Galilée libanaise.

La courbe de la Galilée considérée dans sa totalité est du modèle de celle de la Galilée palestinienne, mettant ainsi en évidence le rôle prédominant de celle-ci dans l'ensemble du massif.

2. *Les coefficients de massivité* (rapport de l'altitude moyenne à l'altitude maximum). — Ils sont élevés, quelquefois même considérables, pour un pays plissé :

Galilée libanaise..........	51 %	[Haute-Galilée : 63 %; Basse-Galilée : 49 %]
Galilée palestinienne.......	30 %	[Haute-Galilée : 42 %; Basse-Galilée : 36 %]
Galilée....................	34 %	[Haute-Galilée : 45 %]

Ces chiffres confirment les constatations qui se dégagent déjà des courbes hypsographiques, à savoir que la Galilée palestinienne est beaucoup moins massive que la Galilée libanaise, et que la grande étendue de la Basse-Galilée palestinienne abaisse très nettement le coefficient de l'ensemble du massif.

3. *Relations des caractéristiques morphométriques et du relief.* — Ces relations sont très nettes. Les courbes hypsographiques rendent bien compte de la morphologie du massif. Celui-ci est constitué, en effet, par un noyau montagneux au sommet subhorizontal, qui s'abaisse par des pentes ordinairement très raides vers la Méditerranée, vers la Basse-Galilée palestinienne ou vers la dépression du Houlé; au Nord-Ouest et au Sud, il domine un bas pays, d'altitude nettement moins élevée, dont les formes sont beaucoup plus molles. L'érosion s'est bornée jusqu'ici à décaper légèrement les sommets et à creuser quelques vallées très encaissées.

Les coefficients de massivité confirment, eux aussi, l'observation directe du terrain, c'est-à-dire la faiblesse du démantèlement accompli durant le cycle actuel ainsi que le manque d'aération du massif qui en découle. On est donc très près de la massivité parfaite (massivité du relief à l'origine du cycle). La chose n'a d'ailleurs rien d'étonnant. Nous avons déjà montré antérieurement, au moins pour la Galilée libanaise (1), que le cycle actuel est très récent et que la morphologie en est constituée essentiellement par une surface polycyclique, plissée à nouveau durant la dernière phase orogénique.

4. *Relations des caractéristiques morphométriques et de la structure.* — Les courbes hypsographiques sont tout à fait typiques, non seulement de la morphologie, mais encore de la structure du massif galiléen, la première étant conforme à la seconde, au moins en Haute-Galilée. Le noyau montagneux est formé, en effet, par un large anticlinal affectant le profil d'une anse de panier; alors que les couches sont subhorizontales ou plissées dans le haut, elles plongent rapidement sur les deux bords. Les courbes hypsographiques avec leur distribution des superficies en trois compartiments distincts paraissent calquées sur le profil géologique.

Quant à la déformation que révèle la courbe d'ensemble du massif, elle est due à l'introduction des plissements secondaires, mais largement étalés, qui constituent la Basse-Galilée palestinienne.

---

(1) *Comptes rendus*, 228, 1949, p. 257; et F. DE VAUMAS, *Le Liban, Étude de Géographie physique*.

PHYSIQUE DU GLOBE. — *Sur l'utilisation d'eaux souterraines au-dessus de la température critique*. Note de M. **Georges Claude**, présentée par M. Emmanuel de Margerie.

Dans une Note limitée au cas de Pechelbronn ([1]), j'ai décrit une manifestation possible de l'eau au-dessus du point critique que, par commodité et souci de correction, j'appellerai ici *fluid*, un tel fluide n'étant pas une vapeur. Je voudrais montrer que ce *fluid* doit intervenir souvent dans l'économie souterraine du Globe, et qu'on pourrait tirer de ce fait des conséquences pratiques importantes.

Nous avons avancé précédemment ([2]), André G. Claude et moi, que grâce au caractère démesuré dans l'Espace et le Temps des choses de la Géologie, des couches sédimentaires, fracturées et poreuses, pourraient, dans des cas favorables, devenir le siège de circulations d'eau surchauffée capables de gros effets industriels. On a objecté, en particulier, qu'aux profondeurs envisagées, aucun vide ne saurait exister sous la pression des roches. On sait, en effet, que c'est de celle-ci que dépend l'écrasement, bien que la pression manométrique au fond des plus profonds forages ne soit généralement que celle d'une colonne d'eau plus ou moins salée allant de la surface au fond : c'est que la seule manifestation de la gravité capable de se transmettre dans le sous-sol sédimentaire est celle des nappes aquifères qui le baignent souvent jusqu'à des profondeurs indéfinies ([3]). Cette croyance que la compacité du sous-sol serait totale à une profondeur relativement faible est controuvée par les essais que les craintes d'avenir de l'industrie du pétrole ont provoquées aux États-Unis ([4]) : tout vide ne disparaîtrait qu'au delà de 15 km, et le pétrole pourrait exister jusqu'à cette profondeur.

Or, ce qui est perméable au pétrole doit *a fortiori*, l'être au fluid en raison de son état gazeux, de sa pression et de sa viscosité moindre. Il pourrait donc pénétrer dans les couches sédimentaires les plus profondes, puisque, même au gradient de 40 m par degré, la température critique de l'eau serait atteinte à 14,5 km.

([1]) *Comptes rendus*, **234**, 1952, p. 2097.

([2]) *Comptes rendus*, **228**, 1949, p. 544, 1209 et 1701.

([3]) On sait pourtant que certains gisements de pétrole sont le siege de pressions beaucoup plus élevées, ce que l'on a expliqué en remarquant que de tels gisements s'entourent d'une gaine imperméable dans laquelle se développe une pression capable, à la limite, de soulever tout le terrain au-dessus d'elle, soit donc à peu près double de la pression hydrostatique à ce niveau.

([4]) *Voir*, en particulier, J. S Closinger, *World Oil*, april 1950, p. 57-62.

On remarquera que, sauf pour des gradients très petits, la pression hydrostatique *est bien supérieure* à la pression critique à la profondeur où est atteint le point critique : par exemple, pour t_{cr} à —4 000 m (Pechelbronn), la pression hydrostatique serait de 334 kg/cm² > 225; à 11 000 m, elle serait de 870 kg/cm² contre 225. Les pressions existant dans le sous-sol à partir de la température critique seraient donc généralement dues à la pesée des nappes aquifères, et non au fluid, lequel, sans se liquéfier, ne ferait qu'égaler sa pression à la pression hydrostatique existant en vertu de la propriété des fluides au-dessus du point critique; il ne pourrait donc surmonter celle-ci. Si, au contraire, par suite d'une proximité exceptionnelle de t_{cr}, on avait $P_{cr} > P_{hydr}$, celle-ci ne pourrait s'opposer à l'écoulement du fluid sous forme de vapeur : on peut se demander si l'on ne pourrait expliquer ainsi le cas de Larderello, où l'on extrait du sol de la vapeur. Le cas $P_{cr} = P_{hydr}$ serait réalisé à —2 700 m, au gradient supposé constant de 7,70 m par degré, l'eau du sous-sol étant supposée pure.

Les températures nécessaires à l'existence du *fluid* étant ainsi atteintes, en sous-sols sédimentaires aquifères, à des niveaux perméables, on pourrait l'extraire de ces niveaux si l'on pouvait réaliser *avec sécurité* des puits tubés assez profonds pour les atteindre, et en bonne relation avec eux. Or, on atteint déjà 6 km pour des puits à pétrole : ce serait donc plus que suffisant pour la région de Pechelbronn.

Objectera-t-on qu'à ces températures les outils de perforation perdraient leurs qualités ? Rappelons seulement à ce sujet que c'est vers 400° que la résistance à la rupture du fer est maximum, qu'on surchauffe déjà la vapeur à 100 atm jusqu'à 500° dans certaines centrales thermiques, et que, comme toujours, on trouvera encore mieux si le besoin s'en fait sentir.

On objectera aussi l'action chimique puissante de l'eau à ces températures et à ces pressions, mais on peut croire qu'au moins dans certains cas, cette action serait mise en échec par l'absence de l'état liquide à ces températures. Or, les avantages de cette extraction pour la production du travail mécanique seraient très grands;

A puissance mécanique égale, grâce à la haute température et à la haute pression du *fluid*, l'extraction d'eau du sol serait réduite au *vingtième* environ de celle exigée par de l'eau à 125° ([5]); une extraction si faible pourrait s'accommoder de perméabilités longitudinales bien moindres; une imperméabilité totale des couches surplombantes ne mettrait pas obstacle à cette extraction, la montée du fluid étant provoquée par sa propre pression et non par la pression hydrostatique surplombante; une région illimitée en profondeur et bien supérieure en qualité serait exploitée; des puits de *très petit diamètre*, comparables aux puits à pétrole,

([5]) *Comptes rendus*, 228, 1949, p. 1209.

pourraient véhiculer une puissance importante; ils ne risqueraient pas d'être usés par l'érosion de particules solides; leur faible débit permettrait de les multiplier dans les régions favorables; les usines seraient bien plus simples que celles destinées à extraire et traiter la vapeur de l'eau surchauffée; il n'y aurait pas à se débarrasser des eaux usées, etc.

Je signalerai dans une prochaine Note quelques particularités thermodynamiques de cette question, et je pourrai mettre ainsi quelques chiffres sur ces espérances.

BOTANIQUE. — *Sur l'aréole du* Pereskiopsis Diguetii. *Valeur morphologique des aiguillons des Cactées.* Note (*) de M. **Lucien Plantefol**, présentée par M. Roger Heim.

Chez le *Pereskiopsis Diguetii*, l'aréole (poils, aiguillons, glochides, socle de liège) est une production de type stipulaire logée dans une dépression du segment foliaire, où elle enserre un point végétatif sans lien ontogénique direct avec elle.

L'aréole est le fait le plus marquant de l'organisation des *Cactaceæ*. Dépression ménagée au milieu de tissus généralement lisses à cuticule épaisse, elle est bourrée de poils subérifiés, comporte l'insertion des aiguillons, et logeant un point végétatif axillaire; elle peut supporter une ou plusieurs fleurs ou un rameau latéral.

La plupart des auteurs envisagent l'aréole comme une réalisation du point végétatif axillaire. Boke identifie les deux termes : « l'aréole ou bourgeon axillaire » (1). D'où une interprétation inexacte, bien que classique, des aiguillons et par suite de toute l'organisation des Cactées.

Si l'aréole, fait général chez les *Cactaceæ*, y a même valeur, ce n'est pas dans les cas les plus complexes parce que les plus évolués, mais chez les *Pereskieæ*, à feuilles et rameaux presque normaux, que cette valeur doit être recherchée.

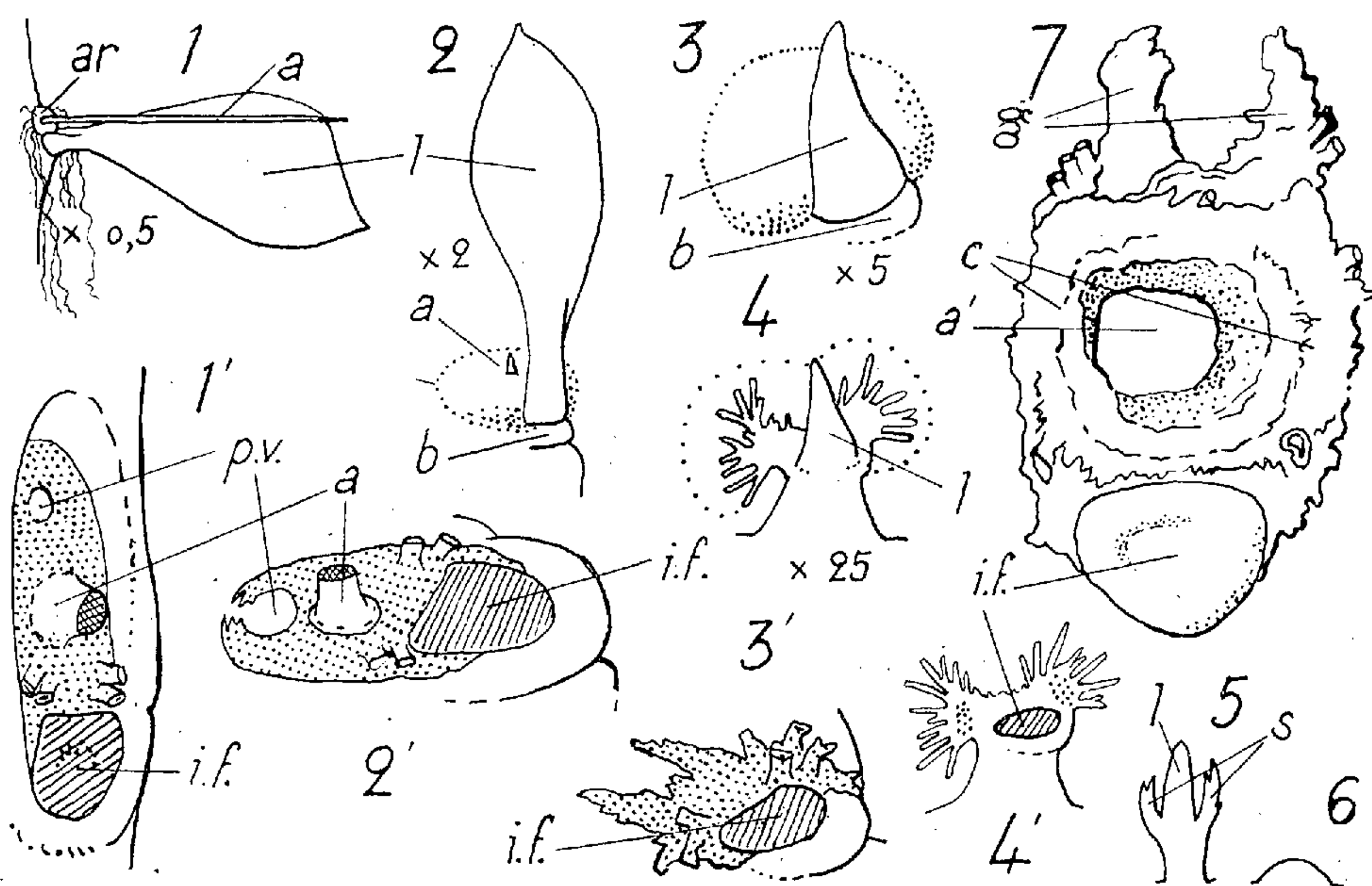
Un rameau de *Pereskiopsis Diguetii* suspend sa croissance à l'automne. Les feuilles d'un tel rameau, lentement développées, puis arrêtées dans leur croissance sous *une forme que ne réalise pas l'ontogénèse accélérée de la feuille normale*, montrent la succession des états qui mènent à la formation de l'aréole.

Le développement d'une feuille parfaite ménage l'aréole (*fig.* 1 et 1′) dans la partie du segment foliaire fusionnée à la tige et la base du pétiole; mais la chute de la feuille attachée par une insertion étroite n'entraîne ni poils ni aiguillons.

(*) Séance du 3 novembre 1952.

(1) *Amer. J. Bot.*, 39, 1952, p. 134-145.

Une tige de *Pereskiopsis Diguetii* est à son sommet presque tronquée par un plan, sans s'être amincie. Les dernières feuilles à limbe typique (*fig.* 2 et 2′) s'insèrent sur le bord de cette surface. Si le pétiole loge encore une partie de l'aréole, le segment foliaire et la tige ne se creusent pas en avant de l'insertion (*fig.* 2′).



Pereskiopsis Diguetii. — Les divers aspects des feuilles jusqu'au voisinage du point végétatif au repos. 1, feuille parfaite, aréole et aiguillon; 2, feuille jeune du bord du plateau terminant la tige; 3, feuille plus jeune, limbe en écaille, visible extérieurement; 4, très jeune feuille dégagée de la masse de poils terminant la tige; 5, ébauche foliaire commençant à se différencier; 6, primordium; 1′ à 3′, les aréoles des feuilles 1 à 3, poils arrachés; le socle de liège est marqué d'un pointillé; 4′, la jeune feuille 4, limbe tombé; 7, socle de liège d'une feuille parfaite, l'aiguillon, logé en *a*′, étant retiré; *ar*, aréole; *a*, aiguillon; *l*, limbe; *i. f.*, insertion foliaire; *p. v.*, point végétatif; *b*, bourrelet basal.

Un caractère histologique fondamental de ces deux aréoles est la présence d'un *socle de liège* épais qui peut être détaché d'une pièce (*fig.* 7) des tissus chlorophylliens sous-jacents. Ce socle comporte le liège cicatriciel de l'insertion foliaire, *i. f*, la base de l'aiguillon *a*, deux ailes *c* où des crêtes subéreuses portent des bouquets de poils; un liège mince *g*, où se développent des glochides, termine l'aréole du côté axial, ménageant une surface libre où se trouve, caché sous les poils portés par le liège, le point végétatif axillaire *p. v.*

Les plus jeunes feuilles sont vers l'axe de la tige au milieu des poils qui réunissent toutes les jeunes aréoles. La surrection de la feuille marque le premier temps de la croissance. Un *primordium* normal encore surbaissé (*fig.* 6) est précédé sur l'hélice foliaire par une *ébauche* pyramidale (*fig.* 5) dont la base porte *latéralement* deux appendices, *s*. La *feuille* suivante

(*fig.* 4 et 4') a un limbe plus important qui se détache aisément d'une base surélevée et portant *latéralement* deux masses où la subérification commence et qui s'ornent de bouquets de poils. Une feuille (*fig.* 3 et 3') en forme d'écaille, insérée sur le plateau supérieur de la tige, montre en avant de l'insertion et s'étalant sur le plateau une *lame de liège* développée latéralement et en direction axiale, épaissie en son milieu et portant des crêtes où s'insèrent des lignes de poils.

On est autorisé à conclure de l'étude de cette série que *deux lames de type stipulaire s*, nées sur la très jeune feuille, se développent en se rejoignant en avant de la feuille et en se fusionnant aux tissus de la tige. Le tissu méristématique qui va donner aiguillons, poils, glochides et la lame de liège sous-jacente, est une partie de la jeune feuille formée par le point végétatif *axial*. Le point végétatif *axillaire* dont la place est ménagée dans le socle de liège, est secondairement juxtaposé à cette aréole. Il n'est pas l'origine de celle-ci. Son activité ne produit ni des aiguillons ni des glochides, qui sont seulement des *parties de la feuille* dont il est axillaire.

Ces interprétations sont généralisables d'une part à toutes les aréoles des Cactées étudiées, d'autre part à la presque totalité des aiguillons qu'elles produisent.

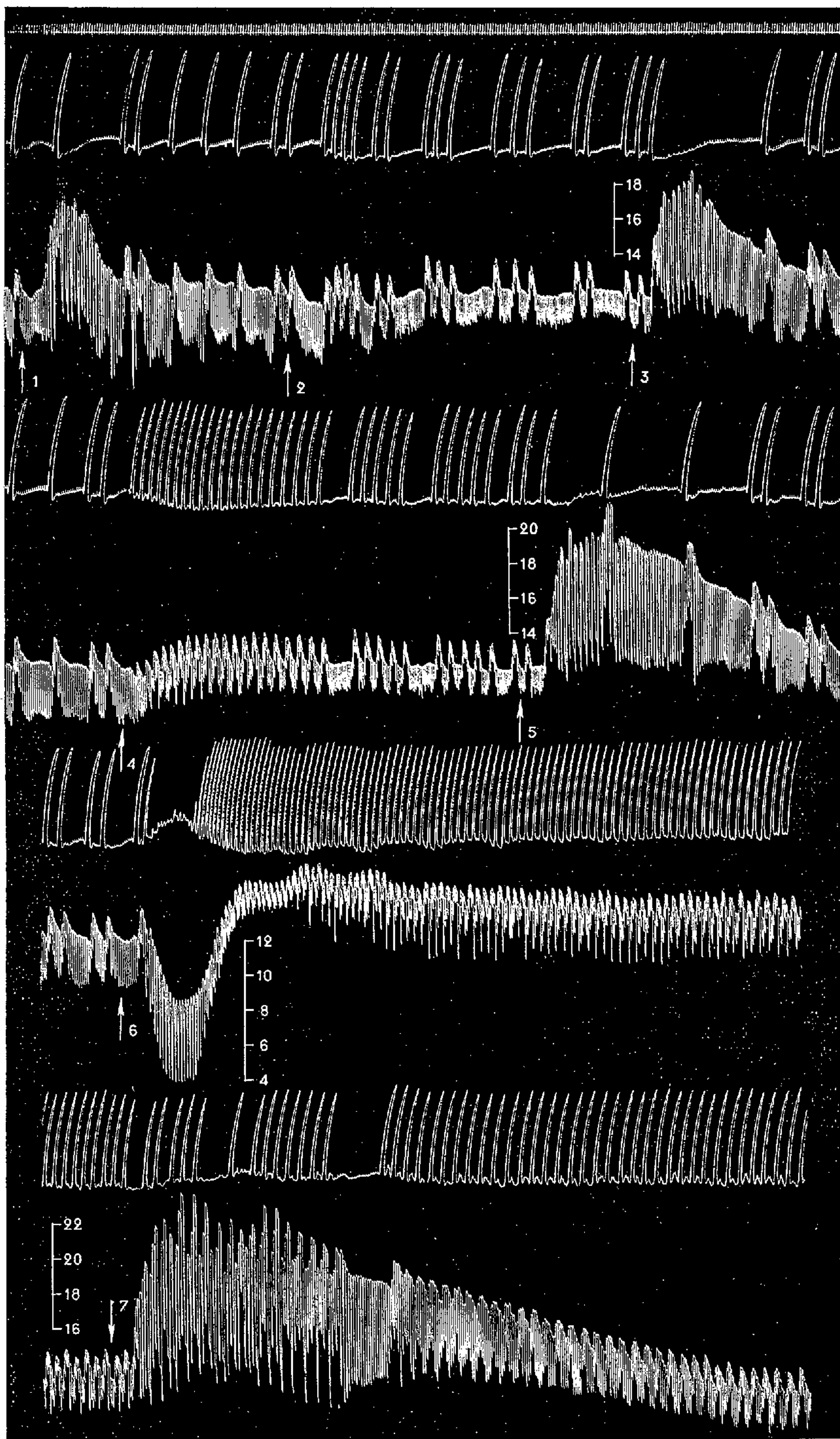
BOTANIQUE APPLIQUÉE. — *Sur quelques propriétés physiologiques des alcaloïdes totaux de l'écorce d'Angusture.* Note de M. **Raymond-Hamet**, présentée par M. Auguste Chevalier.

Utilisée en raison de son amertume pour la préparation d'apéritifs, l'écorce d'Angusture est généralement considérée comme dépourvue d'activités physiologiques marquées. Cependant, nous avons pu constater que le principal alcaloïde de cette drogue, la cusparine, possède à la fois une action sympathicosthénique et un pouvoir excito-respiratoire. Supposant que cette contradiction ne doit tenir qu'à l'absence d'une étude pharmacologique appropriée de l'écorce d'Angusture, nous avons voulu connaître les effets que produit chez l'animal non plus la cusparine seule, mais l'ensemble des alcaloïdes qui constituent les véritables principes actifs de la drogue.

Extraits d'écorces dont l'étude histologique nous avait montré qu'elles présentent les caractères attribués par Gamper [1] à celles qui proviennent réellement du *Galipea officinalis* Hancock, en particulier les raphides d'oxalate de calcium; ces alcaloïdes, préparés à l'état de chlorhydrates,

---

[1] *Beiträge zur Kenntnis der Angosturarinden; Inaug. Dissert. Dr. phil.*, Zurich, 1900.



Expérience du 25 octobre 1952. — Chien de 9,900 kg, anesthésié par le chloralose (12 cg/kg).

1re ligne : temps en secondes; 2e, 4e, 6e et 8e lignes : mouvements respiratoires enregistrés au moyen de l'explorateur de la pulsation cardiaque de Marey; 3e, 5e, 7e et 9e lignes : variations de la pression carotidienne enregistrées par le manomètre à mercure. On a injecté dans la saphène, en 1, 3, 5 et 7, 0,02 mg de bitartrate d'adrénaline de Höchst en solution dans 2 cm³ de soluté physiologique de chlorure de sodium; en 2, 10 cm³; en 4, 20 cm³; en 6, 50 cm³ de solution contenant 198 mg de chorhydrates des alcaloïdes totaux de l'écorce d'Angusture dans 100 cm³ de soluté physiologique de chlorure de sodium. Tracés réduits de 55 %.

se présentent sous la forme d'un produit d'un beau jaune vif qui communique au Réactif de Fröhde une coloration violette passant au bleu violet.

Nos expériences nous ont prouvé que ces alcaloïdes totaux possèdent les deux propriétés physiologiques principales de la cusparine : l'action sympathicosthénique et le pouvoir excito-respiratoire.

C'est ainsi que, dans l'expérience dont les tracés sont reproduits ici, l'injection de 0,02 mg d'adrénaline qui avait élevé initialement la pression carotidienne de 132 à 192, soit de 60 mm de Hg, la fit monter de 136 à 215, c'est-à-dire de 79 mm de Hg après que l'animal eut été soumis à l'action de 6 mg de chlorhydrates des alcaloïdes totaux de l'écorce d'Angusture par kilogramme, de 148 à 238, soit de 90 mm de Hg, quand il eut reçu au total 16 mg de ces chlorhydrates par kilogramme.

D'autre part, l'augmentation maximale de la fréquence respiratoire fut de 50 % à la suite de l'injection de 2 mg de ces chlorhydrates par kilogramme. de près de 200 % après celle de 4 mg/kg, enfin de près de 300 % après celle de 10 mg/kg. Les tracés reproduits dans notre Note montrent que l'augmentation de fréquence fut très durable après la seconde et surtout après la troisième de ces injections.

BIOCHIMIE VÉGÉTALE. — *Pigments des chloroplastes et photosynthèse.* Note de M. **Eugène Roux** et Mlle **Christiane Husson**, présentée par M. Albert Demolon.

Dans une précédente Note (1) nous avons montré que l'acide glutamique était un des corps à partir desquels le noyau tétrapyrollique de la molécule de chlorophylle pouvait se former *in vivo* et nous apportions, en même temps, la preuve qu'à la lumière il y avait constamment synthèse et destruction concommitante de la chlorophylle.

L'expérience suivante nous a fourni une nouvelle confirmation de ce fait : six lots identiques de plants adultes de *Physalis* furent exposés, pendant 30 s, à la lumière solaire dans une atmosphère contenant 3/10 000 de $^{14}CO_2$, puis furent laissés, pendant des temps variables, à la lumière dans l'air normal.

Les feuilles (5 g) furent broyées à 4° dans l'acétone à 85 %, les pigments isolés selon la technique de Willstäter et Stoll et l'activité mesurée au compteur de Geiger.

Le tableau ci-dessous donne les variations en fonction du temps de l'activité présente dans les différents pigments en pour-cent de l'activité totale absorbée par la plante.

(1) *Comptes rendus*, **234**, 1952, p. 1573.

Temps écoulé depuis la fin de l'exposition.	15 s.	30 s.	3 m 30 s.	10 m.	20 m.
Chlorophylle *a*	0	0,1	0,2	0,45	0,6
Chlorophylle *b*	0	0	0,01	0,05	0,1
Carotène	0	0,05	0,9	3,2	5

Ces résultats confirment que la fixation primaire du CO_2 ne se fait pas sur les molécules des pigments, mais montrent aussi, et c'est là le fait nouveau, que très rapidement sous l'action de la lumière, les produits du métabolisme provenant de cette fixation primaire interviennent dans l'édification des molécules de chlorophylle et de carotène. Ce dernier, en particulier, manifeste une vitesse de renouvellement (« Turn over number ») exceptionnellement élevée.

Ainsi, il apparaît bien que l'absorption du CO_2 par les plantes vertes à la lumière est liée à l'incessante destruction et synthèse photochimique des pigments des chloroplastes; leur participation au métabolisme général de la plante sera précisée ultérieurement.

ENTOMOLOGIE. — *Apparition récente d'une sous-espèce nouvelle de Coléoptère dans la faune de Madère.* Note de M. **René Jeannel**, présentée par M. Louis Fage.

Les Coléoptères de Madère sont bien connus depuis les explorations de T. V. Wollaston entre 1847 et 1865. L'île est peuplée par une douzaine d'espèces de petits Carabiques du genre *Trechus* Clairv., toutes endémiques et très caractéristiques, que les nombreux entomologistes visitant l'archipel ont toujours régulièrement retrouvées. Or M. G. Pécoud, explorant Madère, après bien d'autres, pendant le printemps de 1952, a lui aussi repris les espèces décrites par Wollaston, mais il a de plus recueilli une espèce bien connue dans la faune continentale, le *T. obtusus* Er. qui n'avait jamais été signalé de Madère et semble bien avoir été introduit dans l'île à une époque récente.

Ce *Trechus obtusus*, humicole et généralement aptère, est très largement répandu dans toute l'Europe occidentale et l'Afrique du Nord, depuis l'Islande jusque dans le Sud du Maroc. C'est un petit carnassier, très euryapte, s'accommodant des conditions climatiques les plus diverses, et dont la facilité d'indigénation est soulignée par le fait qu'il a été accidentellement introduit en Amérique du Nord, à Battle, dans l'État de Washington, où M. Melville Hatch, entomologiste bien connu, le prend en abondance dans son jardin depuis 1932.

A Madère, il serait inconcevable que la présence du *T. obtusus*, si différent des espèces endémiques, ait pu échapper aux très nombreux entomologistes qui en ont minutieusement recueilli la faune. Il faut croire que l'introduction

de cette espèce est récente. Et M. Pécoud l'a trouvée dans les localités classiques et fréquemment explorées des forêts de Bruyères de Cruzinhas, à 1700 m d'altitude, dans le centre de l'île.

Cette indigénation récente à Madère d'une espèce continentale, accidentellement introduite, n'a en réalité qu'un intérêt relatif, car bien d'autres espèces de Carabiques doivent être dans le même cas. Des espèces banales de la faune continentale, comme *Harpalus distinguendus* Dufts., *Amara ænea* De G., *Anchus ruficornis* Goeze, pullulent dans toute l'île et y ont certainement été introduites après l'isolement de l'archipel. Mais le cas du *T. obtusus* est particulièrement intéressant car, d'une part, on peut approximativement dater son introduction qui ne doit pas remonter à plus d'une cinquantaine d'années, et surtout, d'autre part, parce que la population insulaire de ce *Trechus* a produit une mutation forte qui a donné naissance à une sous-espèce très tranchée, tendant à se répandre dans toute l'île.

Cette sous-espèce, *pecoudianus* nov., est de grande taille (4 à 4,5 mm), de forme très large et de coloration noire. Son pronotum est bien plus transverse que chez la forme typique et ses élytres sont bien plus amples. A première vue, son aspect général et sa coloration feraient croire à une espèce nouvelle, bien différente de l'*obtusus*, toujours de forme étroite et plus ou moins dépigmenté sur les élytres. Mais on retrouve chez la sous-espèce nouvelle les caractères particuliers de l'*obtusus* : effacement des angles postérieurs du prothorax, finesse des stries des élytres, position des soies; et d'autre part son organe copulateur mâle, identique à celui des *obtusus* continentaux et de Madère, apporte comme une véritable signature de l'espèce.

Bien entendu ce *T. pecoudianus* n'avait jamais été rencontré à Madère avant les investigations de M. Pécoud. Je suis, d'autre part, en mesure d'affirmer qu'il n'existe pas sur le continent; il n'a rien de commun avec les nombreuses variétés locales du *T. obtusus* dont j'ai sous les yeux des séries provenant d'une multitude de localités européennes ou africaines. Nul doute qu'il soit le produit d'une mutation apparue dans la population des *obtusus* récemment introduits à Madère.

M. Pécoud l'a découvert dans la forêt de Bruyères de Cruzinhas, où il se trouve mêlé à des *obtusus* parfaitement typiques et à plusieurs autres *Trechus*, ceux-ci endémiques. Il l'a de plus trouvé en abondance (50 exemplaires) à Santo da Serra (600 m d'altitude), dans un bois d'Eucalyptus dont la plantation ne remonte sans doute pas à plus d'une vingtaine d'années.

Dans ce bois, le *T. pecoudianus* pullule sous les amas de feuilles mortes très humides, accumulées sur le sol, et est le seul *Trechus* occupant ce biotope. On a bien l'impression que, nouveau venu et particulièrement

vigoureux, ce *Trechus* a trouvé dans ce bois d'Eucalyptus une place vide dont il s'est emparé.

Enfin, il n'est pas inutile de rappeler ici que tous les *Trechus* endémiques de Madère se rattachent à la lignée du *T. tingitanus* Putz., d'origine bético-rifaine, et que leur diversification date de l'époque géologique où l'archipel de Madère s'est séparé de la péninsule ibérique. Le *T. obtusus* représente une autre lignée, bien différente de celle du *tingitanus*, et ce qui précède tend à établir que ce *T. obtusus*, introduit par voie passive à l'époque actuelle, donne naissance à un endémique nouveau, appelé peut-être à concurrencer les endémiques anciens.

Et il y a là un fait qui jette un jour nouveau sur la complexité de la faune des îles Atlantides. Dans l'archipel des Canaries, des *Trechus* endémiques de la lignée du *tingitanus* existent à Téneriffe. Mais d'autres *Trechus* endémiques, localisés dans toutes les îles, appartiennent à la lignée du *T. obtusus*. On peut se demander aujourd'hui si ceux-ci ont la même ancienneté que les autres.

ENTOMOLOGIE. — *Sur la détermination des régions grégarigènes du Criquet marocain* Dociostaurus maroccanus *Thünbg, en Corse.* Note de MM. **Roger Pasquier**, **Xavier Colonna-Césari** et **Jacques Bonfils**, présentée par M. Pierre-P. Grassé.

L'habitat permanent des solitariens [1] de *D. maroccanus* Thünbg s'étend, en Corse, à presque toutes les régions situées entre 0 (plage du Taravo) et 1250 m d'altitude (col de Bavella), sous une tranche d'eau annuelle de 560 mm (Cap de Pertusato, altitude 90 m), à 1480 mm (Vizzavona, altitude 1160 m), dans leurs parties couvertes de prairies ou de pelouses dans lesquelles diverses espèces végétales banales ont des degrés élevés à la fois de fréquence et d'abondance-dominance. Ces plantes sont notamment les thérophytes : *Lagarus ovatus* L., *Festuca Myuros* L., *Medicago hispida* Gærtn., *Anthemis arvensis* L., *Silene gallica* L., *Erodium cicutarium* (L.) L'Hér.; les hémicryptophytes : *Poa bulbosa* L., *Plantago Coronopus* L., *Trifolium subterraneum* L., *Carlina corymbosa* L.; le géophyte : *Cynodon Dactylon* (L.) Pers. Ces prairies ou pelouses sont le plus ordinairement sur arènes granitiques; il en est exceptionnellement sur calcaire (Pertusato). La formation climacique, forêt ou maquis, a été détruite, souvent depuis longtemps et remplacée par des formations herbacées basses ou rases maintenues en leur état par l'action efficace et généralement très intense de l'Homme et de ses troupeaux (Ovins, Caprins,

---

[1] R. Pasquier, *Bull. Soc. Hist. Nat. Afr. du Nord*, n° 6, 1934, p. 167-200.

Bovins), action à laquelle, en certaines situations élevées, se conjugue celle d'un climat relativement rigoureux.

Les stations corses de *D. maroccanus* appartiennent, en majeure partie, à la catégorie de celles dites par dégradation (²) (l'abandon de culture ne semble, en effet, devoir être mis en cause ici que très rarement, tout au moins actuellement; l'incendie moins encore). D'autre part, ces stations peuvent être distinguées, dans un cadre esquissé par ailleurs (²), d'après leur rôle éventuel dans les processus tendant, soit seulement à amorcer, soit à réaliser, puis à parachever la grégarisation.

A. STATIONS NON GRÉGARIGÈNES (³). — *Type* 1. — Stations à solitariens en densité suffisamment faible pour que leurs interactions soient nulles ou sans conséquence sensible. Exemple : cols de la Vaccia (1188 m), de la Croix (272 m), etc.

Type 2. — Stations à solitariens en densité telle que les actions interindividuelles ne sont plus négligeables, si bien que peuvent parfois se produire des variations dans la coloration (apparition de congrégicolores), mais sans que le comportement semble être affecté. Exemple, Calacuccia (840 m), Lagani (Nord de Ponte Leccia, 480 m); Barchetta (70 m), île de Lavezzi (10 m), Pineto de la Canonica (3 m), etc.

B. STATIONS GRÉGARIGÈNES. — *Type* 3 (foyers infragrégarigènes). — Les interactions au sein d'agglomérations relativement denses y déterminent des modifications dans la couleur, la taille, la forme et le comportement (apparition de congrégiens); ces dernières se traduisent par l'accomplissement de déplacements, peu importants mais coordonnés, des larves des derniers stades; leurs adultes n'essaiment cependant pas, car la dégrégarisation intervient plus ou moins tôt avant la mue imaginale.

Type 4 (foyers subgrégarigènes). — La grégarisation y aboutit à la formation d'essaims primaires congrégiens ou grégariens qui subissent, peu après leur entrée en mouvement, une dégrégation amorçant et réalisant leur dégrégarisation.

Type 5 (foyers grégarigènes efficaces). — Sur eux ou à leur proximité, une multiplication des congrégiens et des néogrégariens est possible, qui leur permet d'affirmer leur grégarité et leur cohésion et surtout d'accroître la masse de leurs essaims primaires.

Au cours de la campagne 1950-1951, des foyers ont fonctionné selon le type 3 près de Bonifacio (Pertusato) et de Porto-Vecchio (Santa Giulia, 15 m). Cette même campagne a vu débuter une activité grégarigène du type 4 (?5) tant sur la rive droite de la basse vallée du Rizzanèse (altitude moyenne 120 m), que dans les Agriates (altitude moyenne 150 m),

---

(²) R. PASQUIER, *Annales Inst. Agr. Algérie*, 5, fasc. 8, 1950, p. 1-13.

(³) R. PASQUIER, *Annales Inst. Agr. Algérie*, 6, fasc. 6, 1952, p. 1-16.

activité qui s'est poursuivie en 1951-1952 pour aboutir à un essaimage à partir de plusieurs foyers, essaimage souvent total, les départs ayant laissé à peu près place nette. Les congrégiens avancés, presque grégariens typiques, formés sur ces stations, n'ont toutefois été observés en essaim dense qu'en une seule circonstance (Mont Iffana, altitude 475 m, 6 juin 1952) alors que la présence de népiogones indiquait que la mue imaginale venait de s'achever. Cet essaim, qui n'a plus été rencontré, s'est vraisemblablement désagrégé. D'ailleurs, des isolés, en nombre souvent important, transportés par les vents dominant dans chacune des deux régions, ont été retrouvés avec les populations solitariennes autochtones (stations type 1 ou 2) dans la totalité des bassins versants, d'une part du Rizzanèse, d'autre part de l'Ostriconi; les limites de ce dernier ont même été largement franchies : la piste des néogrégariens fut suivie jusqu'à 5 km au nord de Francardo (vallée moyenne du Golo), à plus de 30 km des lieux d'origine des Agriates.

Dans les deux régions grégarigènes jusqu'ici déterminées, la lutte rationnelle limitera bientôt la surveillance à celle des terres d'une vingtaine de bergeries n'intéressant, en tout, pas plus de 150 ha. Reste à préciser le rôle de régions telles que : côte de l'Argentelle (Nord de Galeria); bassin de la Lava (Appietto); bassins du Canale et de l'Avena (Sud de Grossa); bassins du San Giovanni (Poggiale) et du Stabiacco (Porto-Vecchio). Le réseau des vallées intérieures (Golo, Tavignano), les hauts pays tel le Niolo, les plaines de la côte orientale, etc., semblent, dès maintenant, hors de cause.

PHYSICOCHIMIE BIOLOGIQUE. — *L'influence du blocage du système réticulo-endothélial sur la fiche réticulo-endothéliale.* Note (*) de Mme **Inès Wesley** et M. **Georges Sandor**, présentée par M. Jacques Tréfouël.

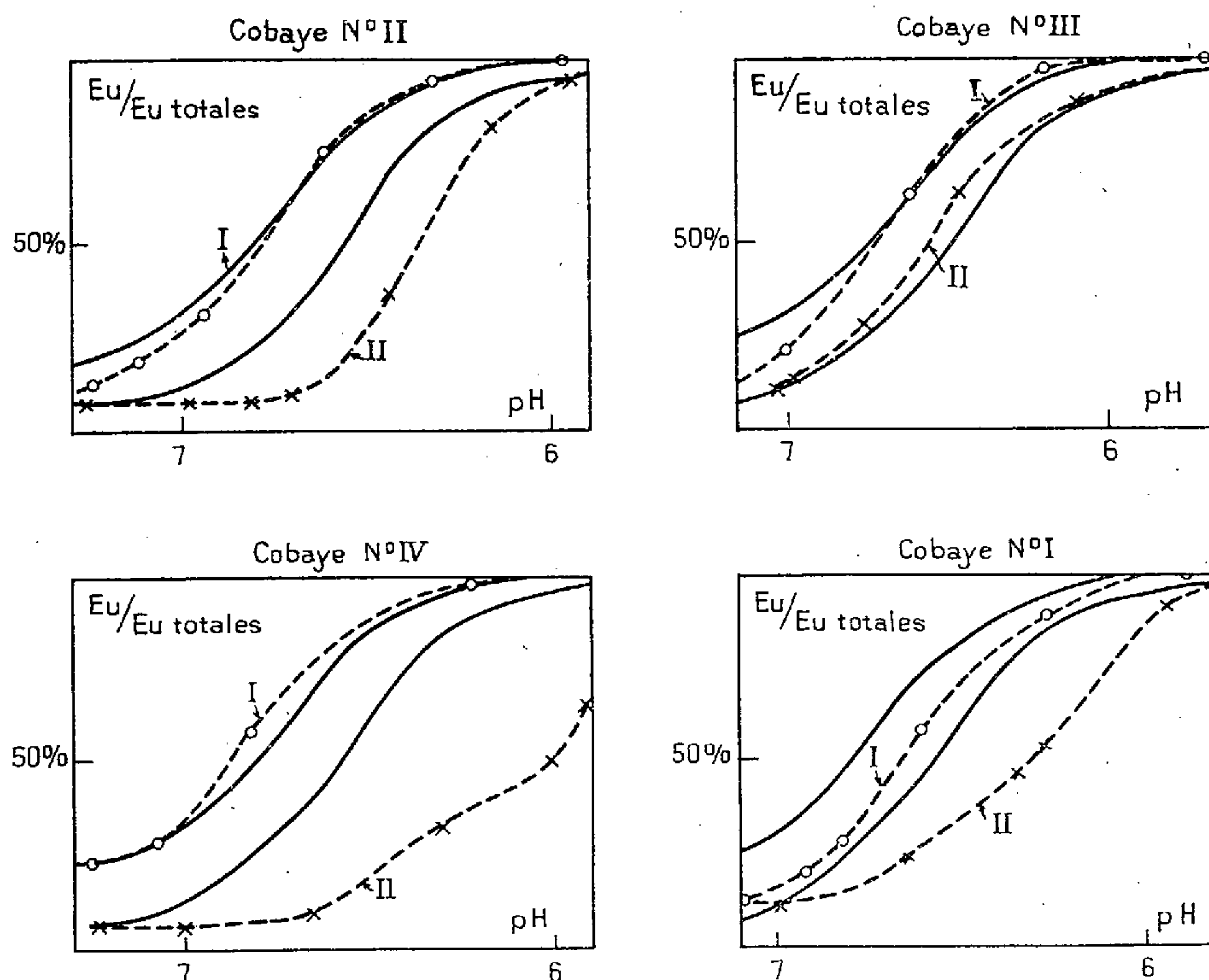
Le blocage du système réticulo-endothélial par le bleu de trypan déplace vers la région acide les courbes représentatives des variations de la solubilité des protéides sériques en fonction du pH.

Nous avons montré antérieurement que le diagramme de précipitabilité des protéides sériques en fonction du pH, remarquablement constant chez l'individu normal, se modifie avec l'état du mésenchyme producteur du plasma. Nous avons tiré d'observations purement cliniques la conclusion que lorsque le diagramme se déplace par rapport à la normale vers la région acide, il y a blocage ou aplasie du mésenchyme actif (1). Présentement, nous apportons la démonstration expérimentale qu'il en est bien ainsi.

(*) Séance du 27 octobre 1952.

(1) Sandor et Weill-Fage, *Ann. Inst. Pasteur*, 79, 1950, p. 130; *La Presse Médicale*, 59, 1951, p. 53.

Nous utilisons des cobayes mâles adultes. La technique de blocage est celle décrite par Gabrieli et Campani ([2]). On injecte par la voie péritonéale, répartie en deux doses, 1 ml d'une solution à 1 % de bleu de trypan dans l'eau physiologique stérile. Les injections sont répétées le lendemain; 24 à 48 h après la dernière injection on prélève par ponction cardiaque 2,5 à 3 ml de sang. Pour tracer les fiches réticulo-endothéliales, nous utilisons une modification ([3]) des techniques néphélométriques décrites par Adner ([4]) et Vargues ([5]).



Influence du blocage du système réticulo-endothélial sur la fiche réticulo-endothéliale.

I : avant l'injection du bleu de trypan. — II : 24 à 48 heures après la dernière injection.
En *traits pleins* sont figurées les limites des variations chez le Cobaye normal.

Quelques-uns des résultats obtenus sont consignés dans les figures ci-dessus. Nous voyons que le blocage du système réticulo-endothélial déplace la fiche réticulo-endothéliale vers la région acide. Remarquons que nous avons choisi, pour les représentations, deux des cobayes pour

([2]) *Experientia*, 8, 1952, p. 19.

([3]) SANDOR avec la collaboration de LE BOT, *Société française de Microbiologie*, séance d'octobre 1952 (sous presse dans les *Annales de l'Institut Pasteur*).

([4]) *Acta Societatis Medicarum Upsaliensis*, 56, 1952, p. 241.

([5]) *Algérie Médicale*, 1952, p. 99.

lesquels le déplacement est le plus marqué et deux autres pour lesquels il est le moins marqué. Ainsi sont prouvées la constance et l'évidence des résultats.

Nous avons déjà rapporté que chez le Lapin, lors de la maladie sérique expérimentale, par contre, la fiche se déplace fortement vers la région alcaline ([6]). Or, la maladie sérique expérimentale du Lapin est caractérisée sur le plan anatomo-pathologique, entre autres, par des granulations disséminées composées de macrophages ([7]); donc le système réticulo-endothélial est activé. Ces résultats, ajoutés à ceux présentement rapportés, prouvent en définitive que le test décrit par nous est bien une fiche réticulo-endothéliale et confirment intégralement les conclusions déjà étayées sur des observations cliniques.

CHIMIE BIOLOGIQUE. — *Activité biologique sur des rats adultes du dérivé à action antivitaminique A obtenu par oxydation de l'axérophtol au moyen de* V_2O_4; *et effet de l'acide ascorbique* ([1]). Note de MM. **Paul Meunier**, **Georges Zwingelstein** et **Jacques Jouanneteau**, présentée par M. Maurice Javillier.

Le composé obtenu dans l'oxydation de l'axérophtol par V_2O_4 accélère l'évolution de l'avitaminose A chez des rats adultes et provoque parallèlement une carence en vitamine C.

Au cours de recherches chimiques et biologiques sur le dérivé à action antivitaminique A obtenu par oxydation de l'axérophtol au moyen de l'oxyde de vanadium (V_2O_4) ([2]), nous avons montré que le corps actif Z_1 absorbait dans l'ultraviolet à 340 mμ dans le chloroforme et à 545 mμ dans la solution chloroformique de $SbCl_3$. Ce corps peut être séparé du mélange réactionnel par extraction à l'eau acétique ([3]). Nous avons entrepris une étude biologique plus approfondie de ce corps ainsi purifié. Les rats blancs mâles utilisés reçoivent une quantité déterminée de vitamine A (1,5 γ par jour pour le groupe I et 3 γ pour le groupe II). Après une période de 60 jours, leur poids moyen se situe aux environs de 170 g. A ce stade, on cesse l'adjonction de vitamine A au régime et l'on donne quotidiennement 7 γ de corps Z_1 à la moitié des rats de chaque groupe, l'autre moitié

([6]) Sandor, *Comptes rendus*, **234**, 1952, p. 1326.

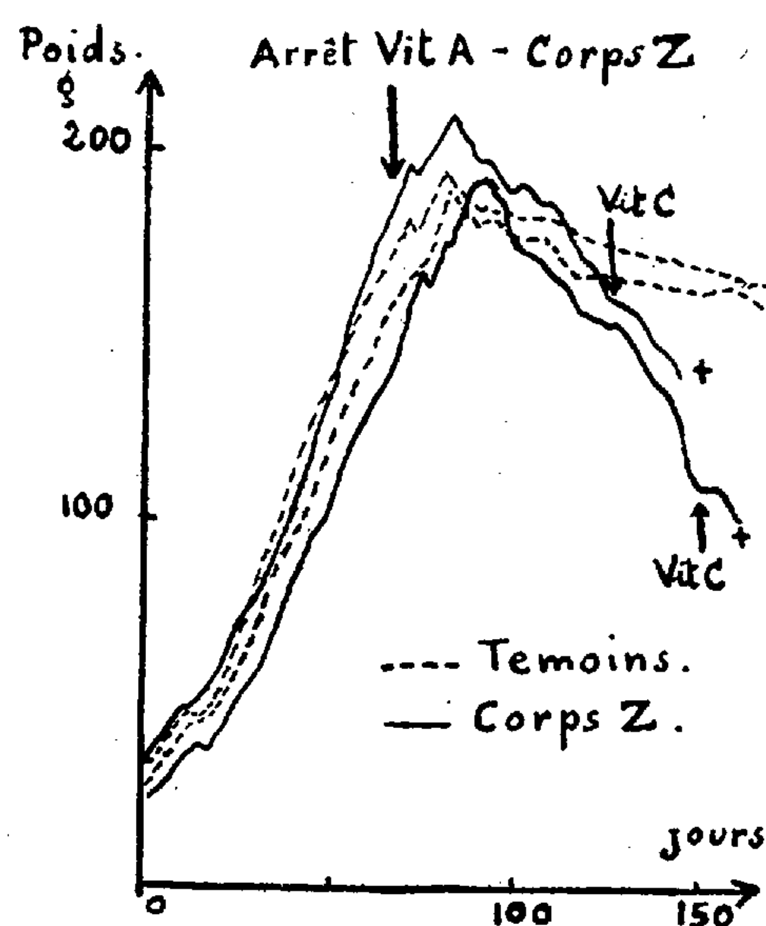
([7]) Rich et Gregory, *Bull. Johns Hopkins Hospital*, **89**, 1943, p. 23.

([1]) *Voir* P. Meunier, *Fortschritte der Chemie organischer Naturstoffe*, 9, 1952, p. 88-113 (sous presse).

([2]) P. Meunier, J. Jouanneteau et R. Ferrando, *Comptes rendus*, **230**, 1950, p. 140.

([3]) P. Meunier, G. Zwingelstein, J. Jouanneteau et R. Mallein, *Comptes rendus*, **230**, 1950, p. 1323.

constituant les témoins. Les courbes de croissance présentées par différents animaux du groupe II sont représentées sur la figure. Les rats ayant reçu 90 γ de vitamine A au total (groupe I) présentent des signes caractéristiques de carence 25 jours après l'administration de corps Z_1 ; ceux qui ont reçu 180 γ (groupe II) présentent ces mêmes signes 45 jours après leur mise en expérience. Les rats témoins des deux groupes ne présentent pratiquement pas de signes de carence jusqu'à la fin de l'expérience qui a duré 155 jours.



Courbes de croissance des rats du groupe II.

L'étude des courbes de croissance montre que le corps Z_1 semble avoir, au début, une influence favorable sur la croissance. En effet, les rats traités ont, au cours de la première période, une augmentation de poids supérieure à celle des rats témoins. Mais l'activité antivitaminique de Z_1 se révèle rapidement. La perte de poids devient sensible, puis rapidement importante. Ceci semble montrer que le corps Z_1 déplace lentement la vitamine A du foie permettant ainsi un début de croissance, puis s'accumule et perturbe les processus biologiques où intervient l'axérophtol.

Au cours de l'évolution de la carence, nous avons observé chez les rats traités au corps Z_1 des signes très nets de scorbut. Le 110e jour de l'expérience, un des rats du groupe I présentait des hémorragies très importantes au niveau des gencives ainsi que des pétéchies et des hémorragies périarticulaires ([1]). L'adjonction au régime de 1 mg d'acide ascorbique pendant 8 jours fait rapidement disparaître ces signes cliniques. Les autres rats du même groupe et du groupe II présentent ces signes de scorbut plus

ou moins accentués les jours suivants. Dans tous les cas, la vitamine C combat efficacement les symptômes et même provoque une légère amélioration du poids, de courte durée, il est vrai.

L'analyse spectrale des extraits obtenus par saponification et extraction à l'éther sans peroxyde des foies des rats traités met en évidence la présence d'un corps absorbant dans l'ultraviolet à 325 mμ dans le chloroforme et à 545 mμ dans le réactif au $SbCl_3$, absorption s'affaiblissant en fonction du temps. Le foie des rats témoins ne présente aucune trace de vitamine A.

Ces résultats suggèrent que le corps Z_1 se fixe dans le foie des rats adultes en provoquant une avitaminose A caractéristique et intensifie les signes de carence en vitamine C qui accompagnent vraisemblablement la carence en axérophtol (4).

CHIMIE BIOLOGIQUE. — *Étude de l'inhibition de* Saccharomyces cerevisiæ *par l'actidione*. Note de M. **Émile Peynaud**, présentée par M. Maurice Javillier.

L'actidione est un antibiotique produit, avec la streptomycine, par *certaines souches* de *Streptomyces griseus*. C'est un antifongique très actif sur de nombreux ascomycètes, mais toléré à forte concentration par les bactéries. Whiffen et ses collaborateurs (1) ont observé que le milieu de culture de *S. griseus* inhibe le développement de certains champignons pathogènes, alors que la streptomycine pure est inactive. La croissance de *Cryptococcus neoformans* est complètement arrêtée par une dilution au centième d'un liquide de culture de *S. griseus* contenant 130 mg de streptomycine par litre, alors que le même organisme n'est pas gêné par 285 mg/l de streptomycine très pure. Ce liquide de culture contient donc encore une substance antifongique; elle s'extrait facilement par le chloroforme ou l'éther, qui ne dissolvent pas la streptomycine. L'actidione a été ainsi isolée sous forme cristallisée (2). Elle est soluble dans l'eau (2 %) et dans l'alcool et elle est relativement thermostable. La solution aqueuse conserve son efficacité plusieurs semaines à pH 3-5, zone d'acidité correspondant à la stabilité maximum du produit.

Sa formule chimique est connue grâce aux travaux de Ford et Leach (3), puis de Kornfeld, Jones et Parke (4). La formule brute est $C_{15}H_{23}NO_4$; elle

(4) J. Mayer et W. A. Krehl, *Arch. of Biochem.*, 16, 1948, p. 313-314.

(1) A. J. Whiffen, N. Bohonos et R. L. Emerson, *J. Bacteriology*, 52, 1946, p. 610.
(2) B. E. Leach, J. H. Ford et A. J. Whiffen, *J. Amer. Chem. Soc.*, 69, 1947, p. 474.
(3) *J. Amer. Chem. Soc.*, 70, 1948, p. 1223.
(4) *J. Amer. Chem. Soc.*, 71, 1949, p. 150.

est constituée par deux noyaux saturés, l'un du type cyclohexanol, l'autre dérivé de la pyridine et porteur d'une fonction imide; ces deux noyaux sont reliés par une fonction alcool secondaire.

Whiffen ([5]) a montré que, contrairement à la streptomycine, cet antibiotique a une très grande activité contre certaines levures, mais peu ou pas contre les bactéries. Différents *Saccharomyces* sont inhibés par des doses aussi faibles que 0,17 mg/l; par contre, *Kloeckera apiculata* et les bactéries supportent jusqu'à 1 g/l.

La toxicité de l'actidione a été trouvée très variable suivant l'animal expérimenté. La dose léthale est de 160 mg environ par kilogramme quand on opère par voie intraveineuse ou sous-cutanée pour la Souris, 60 mg pour le Cobaye et 3 mg pour le Rat. Par ailleurs, l'actidione a été utilisée à fortes doses chez l'Homme avec succès, dans certains cas de méningite, et contre certains champignons pathogènes; elle est bien tolérée par voie intraveineuse. Administrée par voie buccale, elle ne présente aucune toxicité apparente. Le produit n'a aucun goût aux doses d'emploi.

Nos essais ont été conduits avec différents moûts de raisin et de nombreuses espèces et races de levures isolées de vins ou de fruits. Les levures du type *Saccharomyces ellipsoïdeus* sont les plus sensibles à l'actidione. Un demi-milligramme par litre de moût retarde de deux jours le départ de la fermentation, et 1 mg de 4 à 5 jours; 5 mg n'empêchent pas complètement la fermentation, qui se déclare avec une dizaine de jours de retard, mais 7,5 mg ont interdit la fermentation dans tous les cas essayés. Les autres levures résistent mieux à l'antibiotique. Il faut 10 mg/l pour bloquer *Torulaspora rosei* et les *Hansenulas*. Par contre, la croissance de *Kloekera apiculata* n'est aucunement influencée par 50 mg/l. On remarque que l'actidione est beaucoup plus efficace sur les *Torulas* et les *Hansenulas* se développant à l'abri de l'air que sur les cultures aérobies, alors que pour les levures elliptiques l'action inhibitrice est pratiquement la même dans les deux conditions. En somme, l'actidione agit essentiellement sur la fermentation alcoolique; elle agit peu sur le processus respiratoire, pas du tout sur la fermentation lactique. Dans les milieux naturels sucrés et pour le genre ascomycète, elle se conduit comme un inhibiteur spécifique de la fermentation alcoolique.

L'actidione pourrait être un bon conservateur des vins sucrés. Les accidents de refermentation sont toujours provoqués par des levures elliptiques, le degré alcoolique des vins ne permettant pas le développement d'autres espèces de levures. D'autre part, les vins sont beaucoup moins fermentescibles que les moûts et des quantités très faibles d'actidione de l'ordre du dixième ou, au plus, de quelques dixièmes de milli-

---

([5]) *J. Bacteriology*, 56, 1948, p. 283.

gramme par litre, se montrent suffisantes pour interdire les refermentations. L'expérience suivante est intéressante à ce sujet. Un vin blanc, pesant 10° et ayant 25 g de sucres réducteurs, désulfité, est placé à l'étuve à 25° en bouteille incomplètement pleine, afin de réaliser des conditions favorables au développement des levures. Une bouteille semblable reçoit 0,1 mg/l d'actidione. On ensemence avec une levure de Sauternes en activité à raison de 500 levures par millimètre cube, quantité de levain faisant paraître le vin légèrement trouble. La fermentation s'est déclarée dans la bouteille témoin au sixième jour; après 15 jours, il ne restait plus que 5,2 g de sucre par litre. Par contre, le vin ayant reçu cette quantité minime d'actidione n'a pas donné trace de fermentation ni de développement des levures depuis plus de trois mois que l'expérience est en cours. L'essai a été refait plusieurs fois avec le même succès sur des volumes différents, avec des vins différents et diverses levures.

L'actidione, antibiotique de la fermentation alcoolique, mais non produit abiotique, aurait son utilité chaque fois qu'il y a lieu d'interdire la fermentation des sucres. Elle pourrait jouer le rôle d'adjuvant de l'anhydride sulfureux dans la conservation des vins sucrés. Elle est dans les vins plus active que la mycosubtiline que nous avons déjà étudiée (6). L'acide sulfureux ne serait nécessaire alors que pour ses propriétés antioxygène et il serait possible d'en limiter les doses, pour diminuer sa nocivité et éviter son action désagréable sur le goût et sur l'odeur des vins.

CHIMIE BIOLOGIQUE. — *Étude préliminaire d'un système enzymatique bactérien oxydant le glucose en acide gluconique.* Note de MM. **Jean-Paul Aubert**, **Gérard Milhaud** et **Raymond Gavard**, présentée par M. Maurice Lemoigne.

Un extrait partiellement purifié de *Neisseria winogradskyi* renferme un enzyme oxydant le glucose en acide gluconique qui, par ses propriétés, diffère des deux types de glucose déshydrogénase déjà connus, et semble s'apparenter aux oxydases vraies.

Deux types d'enzymes oxydant le glucose en acide gluconique ont été décrits jusqu'à présent : le glucose déshydrogénase anaérobie de Harrison (1) dont le diphosphopyridine nucléotide (DPN) est le coenzyme, et le glucose déshydrogénase aérobie de Francke (2) ou notatine (3) dont le flavine adénine

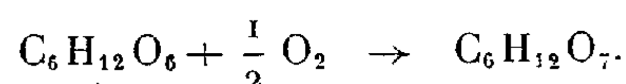
(6) J. Ribéreau-Gayon et E. Peynaud, *C. R. Acad. Agriculture*, 39, 1952, p. 479.

(1) *Biochem. J.*, 27, 1933, p. 382.
(2) *Ann.*, 532, 1937, p. 1.
(3) C. E. Coulthard et coll., *J. Biol. Chem.*, 39, 1945, p. 24.

dinucléotide (FAD) serait le coenzyme. La présente Note concerne un enzyme extrait de *Neisseria winogradskyi* qui semble ne s'appparenter à aucun des deux types connus. Cette bactérie, isolée du sol par Lemoigne et coll. ([4]), qui est cultivée en milieu synthétique liquide contenant le 2.3-butanediol comme seul aliment carboné, bien qu'elle ne se développe pas dans ce milieu si l'on remplace le butanediol par le glucose, possède cependant un puissant système d'oydation de ce substrat ([5]).

L'enzyme est extrait par ultrasonation des bactéries, et l'extrait brut est fractionné au SO_4Am_2 à pH 6,7 entre 0,25 et 0,35 de saturation. La solution enzymatique ainsi obtenue, 70 ml environ à partir de 3 g de microbes, a servi de solution de base dans toutes les expériences (1 ml contient 0,8 mg d'azote, et fixe 150 μl de O_2 en 10 m dans les meilleures conditions). Les expériences sont généralement faites à l'appareil de Warburg, dans l'air, à 37°, dans un tampon phosphate 0,05 M à pH 6,0.

1. *Correspondance oxygène absorbé-glucose consommé.* — Chaque cupule contient : 0,3 ml d'extrait, 0,4 ml sol. glucose à 2,5 %, 0,5 ml tampon phosphate 0,2 M à pH 6,0, 0,7 ml d'eau. Les dosages de glucose et d'O_2 conduisent à l'équation globale :



$$C_6H_{12}O_6 + \frac{1}{2}O_2 \rightarrow C_6H_{12}O_7.$$

2. *Spécificité.* — Le *d*-glucose, le *d*-galactose et le *d*-mannose sont attaqués avec la même intensité, mais l'extrait est inactif sur le *d*-fructose, le *d*-arabinose, le *d*-xylose, le maltose, le saccharose et le glucose 6 phosphate, ainsi que sur les antipodes optiques *l*-glucose, *l*-galactose et *l*-mannose. Les trois premiers sucres sont transformés respectivement en acides gluconique, galactonique et mannonique qui ont été caractérisés par les propriétés de leurs sels de Ca et de leurs phénylhydrazides.

3. *Influence du* pH. — Le maximum d'activité en pointe se situe vers pH 6,0.

4. *Influence du phosphate.* — L'activité est inchangée quand la concentration en P varie de 1.10^{-4} M à 0,05 M.

5. *Influence de la pression partielle d'oxygène.* — L'activité est inchangée lorsque l'air est remplacé par l'oxygène pur.

6. *Inhibiteurs.* — A pH 6,0, ajoutés à la concentration 0,005 M, l'éthyluréthane, l'acide monoiodacétique, FNa, et l'arséniate de Na ne provoquent aucune inhibition; en revanche CNK, N_3Na déterminent une inhibition de 80 %, le SNa_2 de 40 %. Dans tous les cas la recherche de H_2O_2 par la réaction au sulfate de titane a été négative.

([4]) *Ann. Inst. Pasteur*, **82**, 1952, p. 389.

([5]) M. Lemoigne et M. Croson, *Comptes rendus*, **235**, 1952, p. 1075.

7. *Recherches sur la nature de l'enzyme.* — En anaérobiose, le système ne peut fonctionner en présence de bleu de méthylène, d'autre part on n'observe pas la réduction du DPN ou du TPN. Il ne nous a pas été possible de résoudre le système actif en deux fractions inactives séparément et actives lorsqu'elles sont réunies. Mais par dialyse à 0° pendant 15 h contre une solution de ClH 0,05 N contenant 7,5 % de $SO_4\ Am_2$, on obtient une solution enzymatique qui n'est active sur glucose que si on lui ajoute du manganèse ou du magnésium. Chaque cupule contient : 0,8 ml sol. enzymatique (1,6 mg d'azote), 0,5 ml tampon phosphate 0,2 M, 0,4 ml. sol. glucose à 2,5 %, 0,2 ml de $SO_4\ Mn$. En 30 m la consommation d'O_2 est la suivante : moins de 6.10^{-6} M de Mn^{++} : 5 μl; $1,2.10^{-4}$ M : 11 μl; $1,2.10^{-3}$ M : 69 μl; $2,5.10^{-3}$ M; 85 μl; 5.10^{-3} M : 92 μl. Mg^{++} active également, à des concentrations moléculaires environ deux fois plus fortes, mais les cations bivalents Fe, Cu, Zn, Ni, Co, Ca ainsi que Fe^{+++} n'activent pas. Enfin la solution supporte sans aucune perte d'activité une dialyse d'une nuit contre un tampon citrate 0, 1M à pH 6,0 suivi d'une dialyse de 4 h contre eau bidistillée.

Conclusion. — Cet enzyme diffère à coup sûr de la glucose déshydrogénase de Harrison, et certaines de ses propriétés sont en opposition avec celles de la glucose déshydrogénase de Francke, en particulier : son insensibilité à la pression partielle d'oxygène, son inhibition par le cyanure et l'azoture, sa réactivation dans certaines conditions par Mn^{++} et Mg^{++}, la réaction négative de l'eau oxygénée dans les cas d'inhibition de la catalase, et sa non-spécificité pour le glucose. Par ces premiers résultats, la place de cet enzyme semble être parmi les oxydases vraies, nous ne pourrons toutefois conclure avec certitude que lorsque les travaux de purification actuellement en cours seront achevés.

CHIMIE BIOLOGIQUE. — *Étude de l'hyaluronidase (facteur de diffusion sur l'Anguille).* Note de Mme **Andrée Drilhon**, présentée par M. Paul Portier.

La mise en évidence du complexe d'équilibre « Acide hyaluronique-Hyaluronidase » dans l'étude des phénomènes de perméabilité de la peau et du tissu conjonctif des mammifères, nous a incitée à chercher si ces mêmes substances intervenaient chez les Poissons et pouvaient dans une certaine mesure expliquer l'un des mécanismes de l'adaptation aux changements de salinité.

On sait, en effet, que l'acide hyaluronique forme une barrière à la pénétration des solutions salines, tandis que l'hyaluronidase favorise cette pénétration en hydrolisant l'acide hyaluronique en glucosamine; cet équilibre est, de plus, sous la dépendance hormonale.

Les expériences de Paul Bert ont montré qu'une anguille privée de son

mucus ne supporte plus le passage de l'eau douce à l'eau de mer : la privation de celui-ci sur les téguments de l'animal détruit une barrière efficace et nécessaire au maintien de sa concentration moléculaire.

Dans cette Note, nous avons voulu préciser les points suivants :

1° Action de l'hyaluronidase sur le mucus *in vitro*;

2° Action de l'hyaluronidase sur la pénétration des sels à travers la peau de l'Anguille;

3° Action directe de la hyalurodinase sur l'Anguille en eau douce et en eau de mer.

1° *Action de l'hyaluronidase sur le mucus* « in vitro ». — Il est assez aisé de recueillir une quantité appréciable de mucus. La technique de chromatographie de partage sur papier nous a permis d'identifier dans le mucus normal des traces d'acides aminés libres qui sont les suivants : acide aspartique, acide glutamique et valine.

En présence d'une très faible quantité d'hyaluronidase (quelques γ) à pH voisin de la neutralité et dans les conditions aseptiques à 37°, la partie protéique de la mucine subit une hydrolyse importante et libère les acides aminés suivants : acide aspartique, acide glutamique, glycocolle, alanine, tyrosine, valine, histidine et tryptophane, le plus important quantitativement étant la valine.

Parallèlement, nous avons suivi l'action de l'enzyme sur le mucus à la température du laboratoire, soit 20° : nous avons trouvé les mêmes acides aminés mais en quantité moins importante. Enfin une hydrolyse totale du mucus (en boule scellée) par l'HCl 6N nous a permis de déceler les mêmes acides aminés; on peut donc conclure qu'*in vitro* l'enzyme a une action très nette sur le mucus de l'Anguille.

2° *Action de l'hyaluronidase sur la peau d'anguille* « in vitro ». — Sur des manchons de verre sont tendus des fragments de peau d'Anguille fraîchement prélevée et soigneusement garnie de mucus. Cette peau constitue un septum séparant deux solutions salines : à l'intérieur du manchon, le Δ de la solution est égal à celui du sang de l'Anguille, soit — 0°,66 environ, tandis que le Δ de la solution extérieure est égal à celui de l'eau de mer, soit — (2°,02).

On ajoute dans le bain extérieur au manchon quelques milligrammes d'hyaluronidase et une trace de bleu de méthylène pour suivre la pénétration du milieu extérieur; les résultats sont les suivants : 5 h après le début de l'expérience, une grande partie des sels a déjà pénétré vers l'intérieur, alors que les témoins sont inchangés. 12 h après, l'équilibre est complètement atteint.

Il faut 30 h et même davantage pour obtenir un début d'osmose chez les témoins.

La diffusion des sels en présence de traces d'hyaluronidase est donc considérablement accrue.

3° *Action directe de l'hyaluronidase sur l'Anguille en eau douce et en eau de mer.* — Nous avons utilisé dans une première série d'expériences des anguilles jaunes de Brière, très jeunes, dont le rapport gonosomatique ne pouvait pas encore être évalué. Les animaux (sujets et témoins) étaient toujours choisis de poids aussi voisins que possible.

Nous avons suivi d'une part les variations de poids, d'autre part la teneur en eau musculaire des anguilles transportées en eau de mer par passage brusque. Outre le lot des témoins, les unes recevaient l'hyaluronidase en piqûre intramusculaire, les autres directement dans le bain. Nous n'avons pas obtenu des résultats nets par l'injection intramusculaire; par contre, les anguilles de faible poids meurent rapidement dans un bain contenant 50 mg d'enzyme par litre d'eau de mer. Les anguilles de poids plus élevés (80 à 100 g) permettent de suivre leur comportement. Les témoins accusent une courbe semblable à celle de Keys (1), toutefois des variations sensibles s'observent dans un même lot d'anguilles, selon que le poids initial est voisin de 30 ou de 100 g.

Les animaux recevant l'hyaluronidase accusent une chute de poids plus importante que les témoins, chute pouvant atteindre 17 %.

Les teneurs en eau des témoins en eau douce s'échelonnent entre 69 à 74 %. En eau de mer, au bout de trois jours, ces teneurs sont de 62 à 65 %. En présence de l'enzyme mucolytique, le taux d'imbibition musculaire n'est plus que de 55 % en moyenne; un cas exceptionnel est descendu à 48 %.

Il apparaît donc que sous l'influence d'un facteur de diffusion, par l'altération de son mucus, l'Anguille se déshydrate et perd en partie le contrôle de sa concentration moléculaire.

Conclusions. — Les résultats apportés dans cette Note concernent exclusivement les anguilles jeunes n'ayant aucune évolution génitale; il reste donc à préciser le comportement d'autres stades du cycle (mâles et anguilles d'avalaison).

L'étude des teneurs en acide hyaluronique de la peau d'anguille doit être établie aux divers stades évolutifs de l'animal. Ces recherches, en fonction des variations hormonales du cycle permettront de mettre mieux en évidence le rôle des facteurs de diffusion (ou enzymes mucolytiques) et d'expliquer peut-être, dans une certaine mesure, le maintien de la concentration moléculaire au cours des passages de l'animal de l'eau douce à l'eau de mer.

---

(1) *Proc. Roy. Soc.*, B **112**, 1933, p. 184-199.

ENZYMOLOGIE. — *Augmentation de la coagulabilité du sang sous l'action* in vivo *du lysozyme*. Note (*) de M. **Henri Violle**, présentée par M. Jacques Tréfouël.

On sait que le lysozyme n'a d'action lytique que sur des microbes banaux non virulents.

Nous désirions, au point de vue immunologique, connaître ses actions et réactions chez l'animal.

Après quelques expériences d'orientation, nous avons noté que :

1° le lysozyme, injecté chez le Lapin, par voie veineuse, à raison de 0,5 mg/kg, accélère nettement le temps de coagulation;

2° l'action coagulante débute immédiatement et va en progressant pour atteindre son maximum en 2 h environ; puis l'effet s'atténue, pour disparaître en 4 h environ. Ainsi, en 6 h, s'est déroulé ce phénomène. Le temps de coagulation peut être trois à quatre fois plus court que normalement.

En augmentant progressivement, de 0,5 à 10 mg, la dose de lysozyme par kilogramme, l'effet coagulant n'est pas plus prononcé et la vitesse de coagulation ne s'est pas accrue proportionnellement, mais la durée d'action s'est allongée du fait du lent retour au chiffre initial.

Ce fait ne s'expliquerait-il pas par la rétention dans un organe, tel que le foie, à partir d'un certain taux, du lysozyme en excès ou par la facilité avec laquelle ce corps est résorbé et disséminé dans l'organisme ?

De fait, on ne trouve plus trace du lysozyme, injecté à dose très élevée (10 mg) dans le péritoine d'une souris, 1 h après l'inoculation (réaction négative sur le b. lysodeikticus).

On a ainsi une substance très maniable, dont on peut obtenir des effets de durée variable, s'étageant de quelques heures à plusieurs jours.

Le lysozyme agit indirectement sur le sang : *in vitro*, il n'augmente pas sa vitesse de coagulation; l'effet accélérateur ne se produit qu'*in vivo*.

Lorsqu'on inocule cette substance par voie sous-cutanée, on obtient, toutes choses égales d'ailleurs, les mêmes effets que lors d'injections intraveineuses. Il est donc préférable d'utiliser cette voie.

Lorsqu'on fait absorber le lysozyme *per os*, on obtient une courbe plus irrégulière mais, dans son ensemble, analogue aux précédentes; les effets sont plus aléatoires, car on admet que le lysozyme, à l'encontre de la trypsine, est précipité par la pepsine.

On sait qu'un microbe non pathogène est lysé par cet enzyme en deux phases : contact avec le lysozyme d'abord en milieu légèrement acide qui le sensibilise, puis neutralisé, qui le dissout.

(*) Séance du 3 novembre 1952.

Or, nous avons noté que l'effet coagulant est efficace avec le lysozyme à une seule de ces deux phases.

Mais quand l'action lytique a disparu, le pouvoir coagulant cesse. Les deux propriétés relèvent donc d'une même nature enzymatique.

Si cette action coagulante, vraiment prononcée, avait été décrite en même temps que ses propriétés lysantes, d'applications trop restreintes, il est probable qu'un autre vocable eût désigné ce corps.

Le lysozyme paraît dénué de tout pouvoir agressif, à la suite d'injections dermiques, sous-cutanées ou intra-veineuses chez le Lapin. Localement, on ne note aucun phénomène objectif (rougeur, œdème, etc.), ni subjectif (irritation, douleur, etc.).

Il ne provoque, aux doses fortes et superflues, en dehors de son action propre, aucun phénomène immédiat ou ultérieur; 10 mg/kg ont pu être injectés par voie veineuse à un lapin, en toute innocuité. La même quantité de 10 mg peut être injecté dans le péritoine de souris, sans déterminer chez ces petits animaux (30 g) de réactions.

Le lysozyme n'a, chez le Cobaye, et chez le Lapin, aucun effet anaphylactisant. Rappelons pour expliquer ce fait que cette protéine est d'un poids moléculaire relativement faible.

Il n'est pas de nature allergisante : un animal ayant reçu une injection de lysozyme peut, après quelques semaines ou quelques jours, recevoir impunément une nouvelle injection, quelle que soit la voie employée.

Il ne modifie pas la pression artérielle chez le Chien.

Ainsi, et très schématiquement, dans l'organisme, coexistent deux principes essentiels : l'un qui maintient fluide le sang dans toute l'étendue du système vasculaire clos, l'autre qui provoque la coagulation d'une lésion saignante hors de cet appareil. C'est ici l'héparine qui permet de vivre; là, la vitamine K de survivre. Par une action additive, le lysozyme, substance également normale de l'organisme, devient apte à renforcer le pouvoir coagulant de l'un ou à réfréner l'action fluidifiante de l'autre.

En résumé, le lysozyme, expérimentalement abrège le temps de coagulation du sang. Suivant la quantité injectée, l'effet est plus ou moins long, mais les écarts des temps de coagulation ne sont pas proportionnels à cette durée.

PHARMACODYNAMIE. — *Sur quelques dérivés ammonium quaternaires de la δ-amino-γ-valérolactone*. Note (*) de MM. **Robert Rothstein**, **Kurt Binovic** et M[lle] **Jacqueline Delor**, présentée par M. Jacques Tréfouël.

Le chlorure de δ-triméthyl-amino γ-valérolactone possède sur l'organisme animal une action semblable à celle de l'acétylcholine.

(*) Séance du 3 novembre 1952.

Le chlorure de β-méthyl acétylcholine (I), comme le bromure, possède sur l'organisme animal une action semblable à celle de l'acétylcholine ([1]). Nous nous sommes demandé si la cyclisation de ce produit conserverait à la nouvelle molécule (II) les mêmes propriétés pharmacodynamiques.

(I) $(CH_3)_3N(Cl)-CH_2-CH(CH_3)-O-C(=O)-CH_3$

(II) $(CH_3)_3N(Cl)-CH_2-CH<(CH_2-CH_2-C(=O)-O)$ (cycle)

La synthèse du chlorure de δ-triméthylamino γ-valérolactone (II) a été réalisée en chauffant huit heures en tube scellé, un mélange de δ-chloro γ-valérolactone (1 mol) et de triméthylamine anhydre (1 mol 1/4). Le mélange réactionnel a été repris dans l'alcool absolu et le dérivé ammonium quaternaire précipité par l'éther anhydre. Après recristallisation, le produit se présente sous forme de cristaux blancs très hygroscopiques, F 199°. Le rendement est de 50 %. Toutefois, si l'on tient compte de la chlorovalérolactone récupérée, utilisable dans une nouvelle préparation, le rendement est presque quantitatif.

En faisant agir le chlorure de méthyle sur la δ-diméthylamino γ-valérolactone, suivant la technique que nous avons décrite à propos de la diéthylcholine ([2]), on obtient un produit qui fond également à 199°. Le point de fusion du mélange des produits obtenus par les deux méthodes, ne présentant aucune dépression, prouve leur identité de structure.

Par cette seconde méthode, en faisant agir les halogénures de méthyl CH_3X ($X = Cl$, Br ou I) sur différentes δ-dialcoylamino γ-valérolactones, nous avons obtenu un certain nombre de dérivés à fonction ammonium quaternaire, dont les constantes physiques figurent ci-dessous.

$R_2(CH_3)N(X)-CH_2-CH<(CH_2-CH_2-C(=O)-O)$ (cycle)

R.	CH_3.			C_2H_5.			C_4H_9.			$CH_2<(CH_2-CH_2)_2>N$. (pipéridine)		
X...	Cl.	Br.	I.	Cl.	Br.	I.	Cl.	Br.	I.	Cl.	Br.	I.
F...	199	138	108	*	136	101	*	*	*	*	150	86

(1) Hunt, *J. Pharm. Exp. Ther.*, 6, 1914, p. 477; 51, 1933, p. 237; 52, 1934, p. 61; S. Weiss et Ellis, *J. Pharm. Exp. Ther.*, 52, 1934, p. 113; H. Wispelaere, *Soc. Biol.*, 124, 1937, p. 276; Villaret, Justin-Besançon et Cachera, *Ann. de Médecine*, 32, 1932, p. 385.

(2) R. Rothstein et P. Gley, *Comptes rendus*, 230, 1950, p. 1188.

Les points de fusion des produits marqués d'une astérisque dans la ligne F n'ont pu être déterminés à cause du caractère par trop hygroscopique de ces substances.

L'examen analytique de l'expérimentation pharmacodynamique du chlorure de triméthylamino γ-valérolactone peut se résumer ainsi :

a. Appareil cardiovasculaire. — L'expérimentation porte sur le Lapin anesthésié au somnifène. La pression artérielle diminue pour des doses de 0,1 mg administrées par voie intraveineuse. Cette chute est brutale et semble caractéristique. Le retour à la normale s'effectue rapidement. Cette diminution de la pression artérielle s'accroît avec des doses plus fortes, sans que cela soit linéairement proportionnel. Il existe parallèlement une action cardiaque caractérisée par une Tachycardie, d'autant plus accentuée que les doses administrées ont été plus élevées. L'atropine possède un effet inhibiteur sur la chute tensionnelle due à ce produit. Toutefois, pour des doses importantes, cette inhibition atropinique disparaît. Aux doses élevées, on remarque une inversion de l'action avec apparition d'effets hypertensifs.

b. Appareil neuromusculaire. — Le pouvoir curarisant a été recherché sur la Grenouille. Pour des doses faibles, inférieures à 0,5 mg, les phénomènes musculaires sont peu apparents. Par contre, ce produit est curarisant à doses élevées. Chez le Lapin, les divers muscles striés semblent touchés presque simultanément, la paralysie diaphragmatique ne succédant à l'atteinte des masses cervicales qu'après un laps de temps très court.

A la lumière de ces résultats, il semble permis de conclure que le chlorure de δ-triméthylamino γ-valérolactone conserve en partie les propriétés pharmacodynamiques du chlorure de β-méthylacétylcholine.

La séance est levée à 16 h 5 m.

R. C.

ERRATA.

—

(*Comptes rendus* du 13 octobre 1952.)

Note présentée le 21 juillet 1952, de M. *Robert Bouriquet*, Action de la mercaptoéthylamine et de la mercaptothiazoline sur quelques tissus végétaux cultivés *in vitro* :

Page 811, note (*) de bas de page, *au lieu de* Séance du 22 septembre 1952, *lire* Séance du 21 juillet 1952.

BULLETIN BIBLIOGRAPHIQUE.

OUVRAGES REÇUS PENDANT LES SÉANCES D'OCTOBRE 1952.

Les Eucalyptus dans le Gharb (*Maroc occidental*), par H. MÉNAGER, in *Revue internationale de Botanique appliquée*, 32e année, juillet-août 1952, nos 357-358. Paris, Muséum national d'histoire naturelle. Laboratoire d'agronomie coloniale; 1 fasc. 24 cm (présenté par M. Auguste Chevalier).

The relations between fellows of the Royal Society and french men of science when France and Britain were at war, by GAVIN RYLANDS DE BEER. Tirage à part des *Notes and Records of the Royal Society of London*. Vol. IX, no 2, 1952. Offert par la Royal Society aux membres de l'Académie des Sciences; 1 fasc. 25 cm.

Le Tabac, par AUGUSTE CHEVALIER et H. F. EMMANUEL in Collection *Que sais-je?* no 87. (Traduction en langue japonaise). Paris, Presses universitaires et Japon, Léon Prou, 1952; 1 vol. 17,5 cm.

Algues d'eau douce de la Guadeloupe et dépendances recueillies par la Mission P. Allorge en 1936, par PIERRE BOURRELLY et ÉMILE MANGUIN. Préface de M. ROGER HEIM. Paris, Société d'édition d'enseignement supérieur, 1952; 1 vol. 25 cm.

Encyclopédie mycologique. XXI. *La description des champignons supérieurs*, par MARCEL JOSSERAND. Paris, Paul Lechevalier, 1952; 1 fasc. 25,5 cm.

Institut des Parcs nationaux du Congo belge. Exploration du Parc national Albert. Mission G. F. DE WITTE (1933-1935). Fasc. 78. *Psilidæ* (*Diptera cyclorrhapha*, par J. VERBEKE (Zurich). Bruxelles, 1952; 1 fasc. 28 cm.

Id. — Exploration du Parc national de l'Upemba. Mission G. F. de Witte, en collaboration avec W. Adam, A. Janssens, L. van Meel et R. Verheyen (1946-1949). Fasc. 8 : 1° *Plecoptera : Perlidæ*, par H. B. N. HYNES (Liverpool); 2° *Coleoptera : Histeridæ*, par J. THÉROND (Nîmes); 3° Id. *Chrysomelidæ*, par P. JOLIVET (Bruxelles); 4° Id. *Scolytoidea*, par R. E. SCHEDL (Lienz); 5° *Diptera : Bibionidæ and Dorilaidæ*, par D. E. HARDY (Honolulu, Hawaii). Fasc. 12 : *Dolichopodidæ* (*Diptera brachycera orthorrhapha*), par P. VANSCHUYTBROECK (Bruxelles). Fasc. 13 : *Pselaphidæ*, par R. JEANNEL (Paris). Bruxelles, 1952; 3 fasc. 28 cm.

Sveriges geologiska Undersökning. Ser. C Nr 500. Tavla 1. *Markreaktionen hos skånska Jordar på Grundval av Svenska sockerfabriksaktiebolagets markundersökhingar* 1929-1934 (*omfattande samtliga betodlares åkermark*), repprättad av OLOF ARRHENIUS. Stockholm, ab kartografiska Institutet, 1948; 1 carte 95 × 95 cm.

Institut international d'archéocivilisation. 2. *Forces culturelles de l'Europe unie. Étude réalisée par la Commission internationale de sociologie appliquée*, par ANDRÉ VARAGNAC, avec le concours de PIERRE DUCASSÉ, RENÉ DUMESNIL, ROMANO SILVAIN, RENÉ SUDRE et VEINSTEIN. Paris, 1952; 1 fasc. 10 cm.

Observatoire de Paris. Section d'astrophysique. *Catalogue général des orbites de comètes de l'an 466 à 1952*, par FERNAND BALDET et M[lle] G. DE OBALDIA. Paris, Centre national de la recherche scientifique, 1952; 1 fasc. 27 cm (présenté par M. A. Danjon).

Traité de tectonique, par JEAN GOGUEL. Paris, Masson, 1952; 1 vol. 26,5 cm. (présenté par M. Ch. Jacob).

Faune de l'Union française (Ancienne faune de l'Empire français). XIV. *Diptères phlébotomes de la Guyane et des Antilles françaises*, par HERVÉ FLOCH et ÉMILE ABONNENC. Paris, Office de la recherche scientifique Outre-Mer, 1952; 1 vol. 28,5 cm (présenté par M. L. Fage).

Traité de paléontologie. T. II. *Problèmes d'adaptation et de phylogénèse. Brachiopodes. Chétognathes. Annélides. Géphyriens. Mollusques.* Ouvrage publié sous la direction de JEAN PIVETEAU. Paris, Masson, 1952; 1 vol. 24,5 cm (présenté par M. Ch. Jacob).



ACADÉMIE DES SCIENCES.

SÉANCE DU LUNDI 17 NOVEMBRE 1952.

PRÉSIDENCE DE M. ALBERT CAQUOT.

MÉMOIRES ET COMMUNICATIONS
DES MEMBRES ET DES CORRESPONDANTS DE L'ACADÉMIE.

BALISTIQUE. — *Sur les détonations balistiques engendrées par les projectiles et les avions supersoniques.* Note de M. **ERNEST ESCLANGON.**

Les performances réalisées par les avions supersoniques ont attiré vivement l'attention sur les phénomènes sonores qu'ils peuvent engendrer au cours de leurs trajectoires, phénomènes de détonation notamment. En fait, les avions ne diffèrent pas essentiellement des projectiles, sauf qu'ils comportent, en propre, des organes ou dispositifs bruyants, des éjections violentes de gaz, dont l'effet s'ajoute à celui résultant de leur seul mouvement.

Deux sortes d'ébranlements acoustiques doivent être distingués vis-à-vis d'un mobile en mouvement dans l'air.

1° Des ébranlements à évolution *uniforme et continue,* c'est-à-dire qui *se répètent identiques à eux-mêmes* en chaque point de la trajectoire, au moins sur une certaine étendue. Un projectile, par exemple, écarte brusquement les molécules gazeuses de leur position d'équilibre, comme le ferait, sur son passage, une petite explosion; molécules qui reviennent ensuite plus ou moins rapidement à leur position initiale, après une série d'oscillations d'autant plus amples et, par suite, d'autant plus lentes, que le projectile est de plus grandes dimensions. La trajectoire pourrait, en quelque sorte et à ce point de vue, être comparée à celle d'une source mobile et continue d'ondes de bouche. Pour les avions à réaction, il s'y ajoute le jet violent et continu de gaz enflammés qui, réagissant à leur tour sur les masses gazeuses contiguës, amplifient cette sorte d'onde de bouche mobile qu'est la trajectoire. Les mouvements oscillatoires de retour à l'équilibre, consécutifs au passage du mobile, seront, de ce fait, amplifiés mais ralentis.

2° Les ébranlements à *évolution périodique* dont, pour chacun, les périodes se développent et s'étendent sur de petits arcs de trajectoire. Pour les

projectiles, ils sont engendrés principalement, par les mouvements tourbillonnaires de l'arrière et, à un degré beaucoup moindre, par les mouvements de précession et de nutation. Pour les avions, mouvements tourbillonnaires de l'arrière également, particulièrement intenses pour les avions à réaction; en outre, bruits de moteurs, d'hélices, etc. Ces ébranlements sont à l'origine des sifflements pour les projectiles, des ronflements pour les avions.

Occupons-nous du premier genre d'ébranlements et supposons la vitesse du mobile supérieure à celle du son. Soit O une origine choisie sur la trajectoire et, en laquelle, le mobile passe à l'instant $t_0 = 0$. Si M est un point de la trajectoire, le temps t, au bout duquel parviendra, à un observateur P, l'ébranlement engendré en M, sera la somme des temps mis, d'une part, par le mobile pour aller de O en M, d'autre part, par l'ébranlement, pour se propager (avec la vitesse du son) de M en P. Or, comme on sait, il existe sur la trajectoire, un point S (dépendant de la position de l'observateur), pour lequel cette somme t est minimum. L'ébranlement provenant de S, constituera donc, pour l'observateur P, le premier phénomène acoustique perçu. Sous quelle forme ?

Le point S correspondant à un minimum, on peut dire que, sur un arc étendu de la trajectoire, de part et d'autre de S, les ébranlements qui s'y sont produits au passage du projectile, arrivent simultanément en P. Pour les ébranlements à *évolution uniforme*, l'arrivée s'y développera *simultanément* avec *la même succession des phases évolutives*. Il y aura accumulation d'amplitudes, par suite amplification considérable (aux effets de distance près), par addition, des ébranlements transmis. L'ébranlement ainsi perçu en P sera l'*image* approximative et très amplifiée de celui qui s'est manifesté en S, et dans son voisinage, sur la trajectoire. Débutant par une variation brusque de la pression, caractère spécifique de la sensation de détonation, le phénomène sera d'autant plus ample, avec oscillations plus lentes, que le mobile est de plus grandes dimensions, caractère très fortement accentué, au surplus, avec les avions à réaction, en raison de la puissante éjection gazeuse dont ils sont la source. Tandis qu'avec les projectiles d'artillerie, les oscillations consécutives à cette *détonation balistique* sont très rapides (de 1/50 à 1/10 de seconde) et, de ce fait, laissent les vitres intactes; il peut ne plus en être de même avec les avions à réaction dont les détonations balistiques peuvent affecter, d'autre part, pour l'oreille, une sonorité spéciale.

Le lieu des points de l'espace où existent, en même temps, de telles accumulations acoustiques, constitue le *front* de l'onde balistique, sorte de sillage aérien qui se développe et se propage, dans le sens de ses normales, avec la vitesse du son. Contrairement à ce que l'on pourrait penser, la puissance de propagation de telles ondes est considérable. Pour les projectiles

d'artillerie, la détonation balistique, très vive, reste fortement perceptible à des dizaines, des vingtaines de kilomètres, et plus.

Peut-il exister plusieurs détonations balistiques correspondant à un même arc de trajectoire supersonique? Suivant la position de l'observateur, il peut n'y en avoir aucune, mais s'il s'en présente, deux au moins existent, toutes réserves faites sur leurs intensités relatives. L'onde balistique est, en effet, une surface fermée. Si le mobile passe en A, en vitesse *croissante*, par la vitesse du son, l'onde balistique se compose de deux nappes, contenues à l'intérieur d'une sorte de surface conique de sommet A, sur laquelle elles se raccordent, tangentiellement entre elles, mais normalement à la surface. La nappe arrière (correspondant à la deuxième détonation) est d'autant moins éloignée d'une forme sphérique de centre A, que le passage par la vitesse du son est plus rapide. C'est ainsi que dans les projections par canon, les deux nappes de l'onde, se raccordent sur un cône de révolution autour de la tangente initiale et de sommet A; la nappe arrière est formée d'une portion de sphère de centre A, mais est confondue, sur cette portion, avec l'onde de bouche (en avant) dont elle renforce l'intensité. Pour les projectiles d'artillerie, tout au moins, rien de particulier ne semble marquer le passage par la vitesse du son, en vitesse *décroissante.* Pour certaines trajectoires, comportant un minimum de vitesse supérieur à celle du son, plus de deux détonations balistiques peuvent être perçues (¹).

Nul doute que, lorsque les avions à réaction pourront dépasser très notablement la vitesse du son, de tels phénomènes prendront, quantitativement, une très grande importance.

M. le **Secrétaire perpétuel** signale que le Conseil International des Unions scientifiques vient de créer un **Bureau des Résumés analytiques** (**I. C. S. U. Abstracting Board**), dans le but de coordonner et de faciliter le travail des journaux spécialisés dans la publication des résumés (Abstracts) d'articles et de Mémoires originaux du domaine scientifique.

En principe, tout journal de ce type peut demander son adhésion au nouvel organisme. Le Bureau des Résumés analytiques est dirigé par une Commission composée d'un Président, d'un Représentant des Unions nationales intéressées, d'un Représentant des journaux admis comme Membres et du Secrétaire Général du Conseil International des Unions Scientifiques agissant *ex officio*.

L'activité du nouvel Organisme vient de débuter dans le domaine de la Physique et des Sciences connexes avec deux journaux membres : *Physics Abstracts* (*Science Abstracts : Section* B) et le *Bulletin analytique du Centre national de la Recherche scientifique* (France).

(¹) E. Esclangon, *L'acoustique des canons et des projectiles*, Paris, Gauthiers-Villars, 1925.

Le Siège du Bureau est situé à l'Institut d'Optique, 3, boulevard Pasteur, Paris (XVe). Le travail s'y poursuit depuis le 1er juin 1952, grâce à une subvention spéciale de l'UNESCO. Le Secrétaire sera heureux de fournir tous renseignements concernant l'aide et les facilités qui peuvent être accordées par le Bureau des Journaux adhérents.

M. **Louis de Broglie** fait hommage à l'Académie : 1° d'un Ouvrage de M. Jean Barriol intitulé : *Mécanique quantique*, dont il a écrit la *Préface;* 2° d'un fascicule intitulé : *William Ramsay and University College London*, 1852-1952, par Morris W. Travers, publié à l'occasion du Centième anniversaire de la naissance de Sir **William Ramsay**, Associé étranger de l'Académie.

M. **André Danjon** fait hommage à l'Académie d'un Ouvrage qu'il vient de publier intitulé : *Astronomie générale. Astronomie sphérique et éléments de Mécanique céleste.*

DÉSIGNATIONS.

M. **Charles Jacob** est désigné pour représenter l'Académie au **IVe Congrès international de l'Association internationale pour l'étude du Quaternaire** (**INQUA**), qui se réunira à Rome et à Pise, du 10 août au 10 septembre 1953.

CORRESPONDANCE.

M. le **Secrétaire perpétuel** signale parmi les pièces imprimées de la Correspondance :

1° Comité des travaux historiques et scientifiques. *Soixante-dix-huitième Congrès des Sociétés savantes de Paris et des Départements, à Toulouse*, 1953.

2° Documentation mathématique. Textes publiés sous la direction de Paul Belgodère. Fasc. 16 à 21.

3° *The earth's equatorial radius and the distance of the moon*, by John A. O'Keefe and J. Pamelia Anderson.

4° Consiglio Nazionale delle Ricerche. 2^a Giornata della scienza indetta dal C. N. R. in occasione della 30 fiera di Milano. *Convegno sulla difesa del suolo e le sistemazioni fluviali e montane.*

5° *Science Reports of the Yokohama National University.* Section II. *Biological and geological Scienecs*, n° 1.

6° New Zealand Department of scientific and industrial research. *Geophysical Memoir* 1.

ANALYSE MATHÉMATIQUE. — *Nouveaux cas d'intégrabilité par quadratures d'une équation différentielle remarquable du premier ordre.* II. Note de M. **Jean Nordon**, présentée par M. Henri Villat.

La présente Note continue les recherches et utilise les notations d'une Note précédente ([1]) consacrée à la détermination des fonctions $f(x)$ telles que l'équation

(1) $$dy - r\,dx = 0, \qquad r = \sqrt{f(x) - y^2}$$

soit intégrable par quadratures.

3. *Facteur intégrant à dérivée logarithmique rationnelle.* — L'équation

$$\frac{\partial J}{\partial x} + r\frac{\partial J}{\partial y} + J\frac{\partial r}{\partial y} + \frac{\partial^2 r}{\partial y^2} = 0$$

doit avoir une solution J rationnelle. Nous poserons $J = P - (Q/r)$ et l'équation précédente se scinde en deux équations.

L'une $(\partial P/\partial x) = (\partial Q/\partial y)$ qui incite à introduire V telle que

$$\frac{\partial V}{\partial y} = P, \qquad \frac{\partial V}{\partial x} = Q,$$

l'autre devenant

$$(y^2 - f)\frac{\partial^2 V}{\partial x^2} + (y^2 - f)^2\frac{\partial^2 V}{\partial y^2} + y(y^2 - f)\frac{\partial V}{\partial y} + \frac{1}{2}f'\frac{\partial V}{\partial x} - f = 0.$$

La fonction V est du type $V = R + \operatorname{Log} S$ où R est rationnel et S un produit d'expressions $[y - a(x)]^s$ avec s constant.

Cas de V *polynome en* y. — Il suffit de supposer ce polynome pair.

Lorsque V est de degré zéro on trouve aisément la fonction (10) et le facteur intégrant (12).

Lorsque V est de degré deux, le facteur intégrant est

(14) $$\exp\left[y^2\cos 2x - Cx - ry\sin 2x + C\operatorname{Arc\,sin}\frac{y}{\sqrt{f}} + \int f(x)\sin 2x\,dx\right],$$

la fonction f étant solution de l'équation (C constante arbitraire)

(15) $$\sin 2x\, ff' + 2f + Cf' = 0$$

dont la solution générale ([2]) définit f implicitement par la relation (C et D constantes arbitraires)

(16) $$f + 1 + C\operatorname{tg} x = 2f\frac{\varpi'_1 + D\varpi'_2}{\varpi_1 + D\varpi_2},$$

([1]) J. Nordon, *Comptes rendus*, **232**, 1951, p. 140.

([2]) Au sujet de cette équation *voir* : J. Nordon, *Sur une équation différentielle du type d'Abel intégrable par quadratures* (*Revue de Mathématiques spéciales*, Vuibert, Paris, mai 1951).

où w_1 et w_2 sont les fonctions de Whittaker

$$w_1(f) \equiv W_{-\frac{1}{2}, \frac{iC}{2}}(f), \qquad w_2(f) \equiv W_{-\frac{1}{2}, -\frac{iC}{2}}(f).$$

Ces fonctions se réduisent à des fonctions élémentaires pour certaines valeurs de C. En particulier pour C nul (16) et (14) se réduisent respectivement à (11) et (13). Plus généralement si $C = \pm 2ni$ (n entier positif) (16) se réduit à

$$(16') \qquad n\,D\frac{d^{n-1}}{df^{n-1}}(f^{-n-1}e^f) - e^f\frac{d^n}{df^n}(f^{-n}e^{-f}) \mp i\,\mathrm{tg}\,x\left[D\frac{d^n}{df^n}(f^{-n}e^f) - n\,e^f\frac{d^{n-1}}{df^{n-1}}(f^{-n-1}e^{-f})\right] = 0$$

de la forme

$$D\,e^f K(-f) + L(f) \pm i\,\mathrm{tg}\,x[D\,e^f L(-f) + K(f)] = 0$$

où K et L sont (à une constante multiplicative près) des polynomes généralisés de Laguerre de degrés respectifs $n-1$ et n. *Les relations* (16) *et* (16′) *définissent de nouvelles formes de* $f(x)$ *telles que* (1) *soit intégrable par quadratures.*

Cas de V *inverse d'un polynome.* — Ce cas se réduit à $V = 2a\alpha/(y^2 - \alpha^2)$ qui donne $f = \alpha^2 + \alpha'^2$ avec $\alpha'(\alpha' + \alpha''') = (\alpha + \alpha'')(\alpha + 2\alpha'')$ qui ne semble pas pouvoir s'intégrer à l'aide de fonctions connues.

Il est probable que V ne peut être rationnel en dehors de ce cas et du cas polynome de degré pair.

THÉORIE DES FONCTIONS. — *Conditions suffisantes pour l'inversion de la seconde inégalité fondamentale de la théorie des fonctions méromorphes.* Note de M. **Edward F. Collingwood**, présentée par M. Paul Montel.

1. L'objet de cette Note est d'établir, par la méthode que j'ai employée précédemment dans l'étude des valeurs exceptionnelles des fonctions méromorphes [1], des conditions suffisantes pour l'inversion de la seconde inégalité fondamentale. Ma méthode généralise des travaux antérieurs de Teichmüller et H. L. Selberg [2], et mes résultats contiennent les leurs comme cas particuliers.

2. Nous considérons une fonction $f(z)$, méromorphe dans $|z| < R \leqq \infty$, non rationnelle, et nous utilisons les notations classiques de la théorie de Nevanlinna, ainsi que celle des travaux cités dans la Note [3]. Nous désignons par $\sigma(r)$

(1) *Comptes rendus*, **227**, 1948, p. 615, 709, 749, 813. La théorie est développée dans E. F. Collingwood, *Trans. American Math. Soc.* **66**, 1949, p. 308-346.

(2) O. Teichmuller, *Deutsche Mathematik*, **2**, 1937, p. 97-107; H. L. Selberg, *Commentarii Math. Helvet.*, **18**, 1946, p. 309-326.

(3) *Comptes rendus*, **227**, 1948, p. 615.

une fonction réelle non croissante de r, n'ayant que des discontinuités ordinaires dans $0 \leqq r < R$. Nous supposons de plus que $\sigma(r) < \pi/2$, et qu'elle est d'indice zéro par rapport à $f(z)$, c'est-à-dire que $\lim_{r \to R} \log[1/\sigma(r)]/T(r, f) = 0$. Les valeurs $w = f(z)$ sont prises sur la sphère de Riemann K de diamètre 1. Nous appellerons $l(w', w'')$ la longueur du plus petit arc de grand cercle joignant w' à w''. Étant donné un ensemble fini $A = (a_1, a_2, \ldots, a_q)$ de points de K, nous poserons $d(a, A) = \min_{1 \leqq i \leqq q} l(a, a_i)$ et $\rho(a, r) = \min[\sigma(r), d(a, A)]$. Nous nous donnons également une fonction $\Phi(t)$ ayant les propriétés suivantes : $\Phi(t)$ est continue, croissante, concave et deux fois différentiable pour $t \geqq -\log \pi$, donc $\Phi'(t) \geqq 0$ et $\Phi''(t) \leqq 0$; $\Phi(t) \geqq \log(1+\varepsilon)$, avec $\varepsilon > 0$, pour $t \geqq \log 2 - \log \pi$; enfin $\Phi(t) = o(t)$. Nous posons alors $\sigma(a, r) = \rho(a, r) \exp(-\Phi(\log \rho(a, r)))$ et nous voyons que pour $a \in \complement A$ (complémentaire de A) $\sigma(a, r)$ est positif, et est un niveau d'indice zéro par rapport à $f(z)$, suivant la terminologie de mes Notes précédentes.

3. Pour r et $a \in \complement A$ donnés, l'inégalité $l(f(z), a) < \sigma(a, r)$ est satisfaite dans un ensemble (éventuellement vide) de domaines, dont nous désignerons le domaine-type par $G(r, a, \sigma(a, r))$. Le nombre $\lambda(r)$ des domaines de cet ensemble qui rencontrent la circonférence $|z| = r$ est fini, pour tout $r < R$; nous appellerons un tel domaine $G_\nu(r, a, \sigma(a, r))$ $(1 \leqq \nu \leqq \lambda(r))$.

4. Nous noterons $p_\nu(r, a, \sigma(a, r))$ la valence de $f(z)$ dans $G_\nu(r, a, \sigma(a, r))$, et nous poserons $P(r, a, \sigma(a, r)) = \max_{1 \leqq \nu \leqq \lambda(r)} p_\nu(r, a, \sigma(a, r))$. Si, pour r donné, $l(f(z), a) \geqq \sigma(a, r)$ sur tout $|z| = r$, c'est-à-dire si $\lambda(r) = 0$, nous écrirons $P(r, a, \sigma(a, r)) = 0$; sinon $0 < P(r, a, \sigma(a, r)) \leqq \infty$.

Nous dirons que $\sigma(a, r)$ est un niveau fermé relativement à $f(z)$ et a pour une valeur donnée r si la fermeture de tous les $G_\nu(r, a, \sigma(a, r))$, $1 \leqq \nu \leqq \lambda(r)$, est contenue dans $|z| < R$.

5. Soit $p(r)$ une fonction uniforme de r, n'ayant que des discontinuités ordinaires dans $0 \leqq r < R$, et satisfaisant à $0 \leqq p(r) < \infty$. Adaptant nos définitions antérieures, nous appellerons $V(a, \sigma(a, r), (p(r))$ l'ensemble des valeurs de r situées dans l'intervalle $0 \leqq r < R$ pour lesquelles $P(r, a, \sigma(a, r)) \leqq p(r)$, et $E(a, \sigma(a, r), p(r)) \subseteq V(a, \sigma(a, r), p(r))$ le sous-ensemble des r tels que $P(r, a, \sigma(a, r))$ soit nul, ou que $\sigma(a, r)$ soit un niveau fermé pour $f(z)$ et a. Les ensembles V et E, et leurs complémentaires $\complement V$, $\complement E$ ont des bornes supérieures au plus égales à R, et que nous noterons sup V, ..., sup $\complement E$.

6. Avec les notions précédentes, on a le

THÉORÈME. — *La fonction $f(z)$ étant méromorphe dans $|z| < R \leqq \infty$, supposons que $T(r, f)$ ne soit pas bornée, et qu'il existe une fonction $\sigma(r)$ d'indice zéro, une fonction $p(r) = o(T(r, f)/\log r)$ ou $= o(T(r, f))$ selon que $R = \infty$ ou $R < \infty$, et une valeur $B < R$, telles que pour tout $a \in \complement A$ où A est un ensemble fini $\{a_i\}$, $1 \leqq i \leqq q$, la condition sup $\complement E(a, \sigma(a, r), p(r)) \leqq B$ soit satisfaite. On a*

alors

$$(1) \qquad 2T(r, f) \leq N_1(r) + \sum_{i=1}^{q} m(r, a_i) + \tau(r),$$

où

$$\tau(r) = o(T(r, f)) \quad \text{si } R = \infty, \qquad \tau(r) = \log \frac{1}{R - r} + o(T(r, f)) \quad \text{si } R < \infty.$$

On a posé

$$N_1(r) = N\left(r, \frac{1}{f'}\right) + 2N(r, f) - N(r, f').$$

On remarquera ici l'absence des intervalles exceptionnels qui se présentent dans le cas général de la seconde inégalité fondamentale, dont (1) constitue l'inverse.

Le théorème est vrai *a fortiori* lorsqu'on diminue $\sigma(r)$ ou qu'on augmente $p(r)$. Si $\sigma(r) < \pi/\alpha$ et $p(r)$ sont tous deux constants, le théorème précédent se réduit à celui de Selberg, lequel contient lui-même le premier théorème de cette sorte, dû à Teichmüller. La démonstration, qui conduit à de nouveaux résultats concernant la ramification des surfaces de Riemann engendrés par les fonctions méromorphes, sera publiée ailleurs.

GÉOMÉTRIE. — *Les groupes de symétrie des ornements employés par les anciennes civilisations du Mexique.* Note de M. **Jules Garrido**, présentée par M. Charles Mauguin.

Nous avons étudié du point de vue géométrique, spécialement en rapport avec les groupes de symétrie, un grand nombre de motifs d'ornementation employés par les civilisations préhispaniques du Mexique.

Le matériel employé pour notre étude a été puisé dans les nombreuses publications qui s'occupent de l'architecture ancienne du Mexique et dans un grand nombre de photographies et de croquis pris par moi-même directement sur les monuments existant dans le pays.

J'ai fait une étude statistique des groupes de symétrie présentés par les ornements. Cette étude statistique a été faite en considérant comme *différents* les ornements qui indiquent des idées géométriques distinctes. Ceux qui correspondent à de simples modifications de la même conception d'assemblage des éléments géométriques sont comptés comme *égaux.* J'ai pu recueillir au total 115 dessins différents correspondant aux civilisations : téotihuacanne, toltèque, aztèque, totonaque, maya et zapotèque.

Chaque dessin ornemental a été analysé du point de vue de la symétrie; on a recherché les éléments de symétrie, ce qui a permis de déterminer le groupe. Les éléments de pseudosymétrie qui indiquent une symétrie approchée et dont on peut supposer qu'ils correspondent à une idée de régularité existant dans l'imagination de l'artiste, sont comptés comme de vrais éléments de symétrie.

Les ornements peuvent être répartis en trois groupes :

1. Ornements avec un groupe de symétrie *fini;*
2. Ornements avec un groupe de symétrie *simplement infini;*
3. Ornements avec un groupe de symétrie *doublement infini.*

1° Les groupes de symétrie finis que nous avons observés sont au nombre de 8. Leur fréquence exprimée en pourcentages sur le total de figures finies est exprimée dans la liste suivante, où la symétrie a été représentée par les symboles de M. Mauguin qu'on emploie couramment en cristallographie :

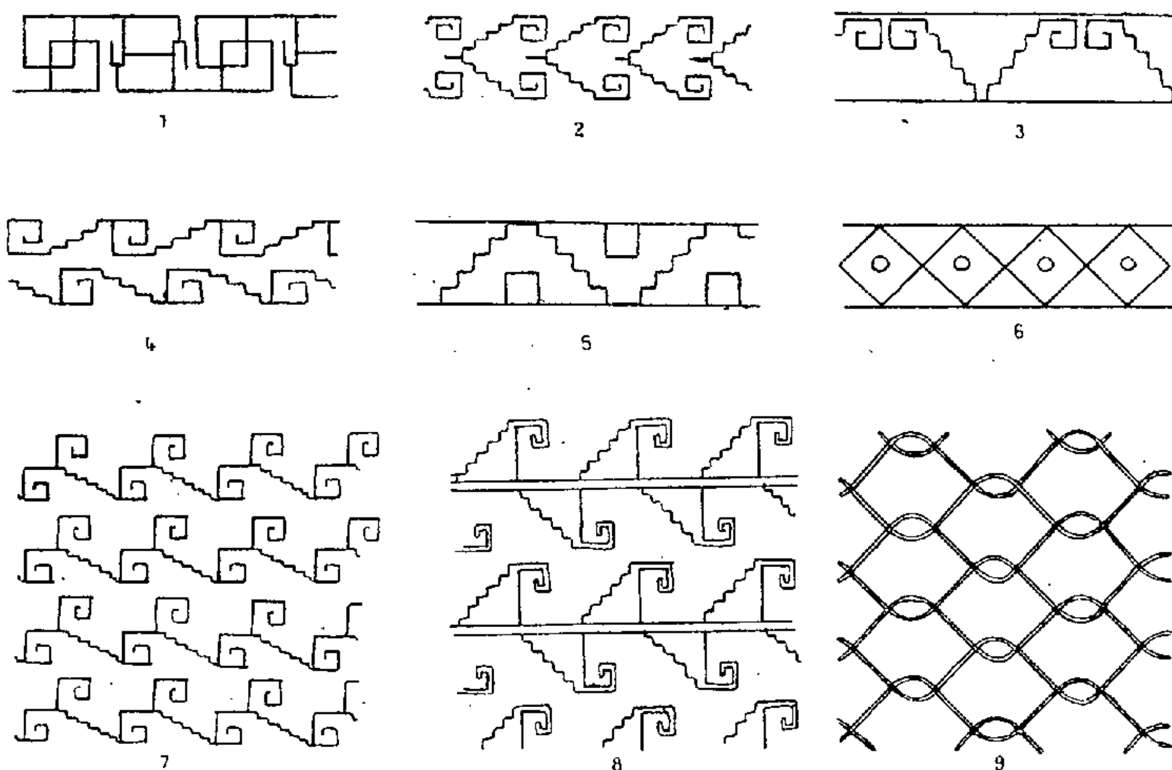
m..........	30%	**4**...........	6%	**6 mm**.......	2%
2...........	14	**4 mm**......	18	**8 mm**.......	4
mm........	24	**5 mm**......	2		

[Les figures ne présentant pas de symétrie (groupe 1) n'ont pas été comptées.]

2° Les groupes de symétrie simplement infinis possibles sont 7 pour l'espace à deux dimensions ([1]). Les sept groupes possibles ont été retrouvés dans les ornements mexicains. Les fréquences des divers groupes sont données sur le tableau suivant :

t1......	22 %	**t1m**......	22 %	**tgm**......	10 %
t2......	8 %	**tg**........	22 %	**tmm**.....	18 %
tm.....	4 %				

(Sur les figures 1 à 6 nous avons représenté des exemples de ces groupes.)



1. Groupe *t2*. — *Teotihuacan* (culture téothihuacane). 2. Groupe *tm*. — *Mitla* (culture zapotèque). 3. Groupe *mm*. — *Tula* (culture toltèque). 4. Groupe *tg*. — *Mitla* (culture zapotèque). 5. Groupe *tgm*. — *Tula* (culture toltèque). 6. Groupe *tmm*. — Téotihuacan (culture téotihuacane). 7. Groupe *p1*. — *Mitla* (culture zapotèque). 8. Groupe *pg*. — *Mitla* (culture zapotèque). 9. Groupe *cmm*. — *Telelco* (culture téotihuacanne).

([1]) SPEISER, *Die Theorie der Gruppen von endichler Ordnung*, Berlin, 1927, p. 81.

3° Les groupes doublement infinis dans l'espace à deux dimensions sont au nombre de 17 (²). Nous avons trouvé seulement 7 de ces groupes sur les ornements étudiés. Ces groupes et leur fréquence sont les suivants :

p1	20 % (*fig.* 7)	**pmm**	10 %
p2	10 %	**cmm**	5 % (*fig.* 9)
pm	10 %	**p4mm**	20 %
pg	25 % (*fig.* 8)		

Nous n'avons pas trouvé d'ornements avec la symétrie des groupes **cm**, **pmg**, **pgg**, **p4**, **p4gm**, **p3**, **p3m1**, **p31m**, **p6** et **p6mm**.

Il est intéressant de constater que les groupes présents sont ceux que l'on obtient par simple accolement parallèle des éléments de symétrie des groupes simplement infinis. En effet, si l'on place parallèlement des ornements simplement infinis des sept groupes possibles, on obtient :

t → **p1**; **t2** → **p2**; **tm**, **t1m** → **pm**; **tg** → **pg**; **tgm** → **cmm**; **tmm** → **pmm**

(le groupe **p4mm** se présente quand les *motifs* du groupe **tmm** possèdent la symétrie **4mm**).

La présence des groupes de symétrie obtenus par simple superposition de figures avec des groupes simplement infinis et l'absence des groupes doublement infinis à axes 3 et 6 est le caractère fondamental qui permet de différencier du point de vue symétrique les ornements mexicains des ornements égyptiens et arabes où les axes d'ordre 3 et 6 sont couramment employés (groupes **p3m** et **p6mm**) (³), ce qui donne une idée plus élevée du sens géométrique des symétries dans ces peuples que dans les peuples primitifs du Mexique.

CALCUL DES PROBABILITÉS. — *Loi faible et loi forte des grands nombres.* Note de M. **Paul Lévy**, présentée par M. Paul Montel.

Soient $\{X_\nu\}$ une suite de variables aléatoires indépendantes, à valeurs médianes $m(X_\nu)$ nulles; S_n la somme des n premières; m_n sa médiane; $M_n = \text{Max}\,|X_\nu|\,(\nu \leq n)$. Les notations $U_n = o_f(V_n)$ et $U_n = o_F(V_n)$ indiqueront respectivement la *convergence faible* (ou en probabilité) et la *convergence forte* (ou presque sûre) du rapport U_n/V_n vers zéro. En introduisant d'autre part une suite monotone $\{a_n\}$ de nombres certains, positifs, et indéfiniment croissants, nous nous proposons de préciser les relations, déjà en partie connues,

(²) G. Polya, *Z. Kristallog.*, 60, 1924, nos 3-4, p. 278-282.

(³) P. d'Avennes, *Atlas de l'histoire de l'art égyptien*, Paris, 1878.

entre les formules

(1$_f$) $$S_n - m_n = o_f(a_n);$$

(1$_F$) $$S_n - m_n = o_F(a_n),$$

qui constituent respectivement la *loi faible* et la *loi forte des grands nombres*, et les formules

(2$_f$) $$M_n = o_f(a_n);$$

(2$_F$) $$M_n = o_F(a_n).$$

Dans les cas où les formules qui se correspondent sont équivalentes, l'étude des lois des grands nombres se trouve ramenée à un problème trivial.

De la formule

$$\Pr\left\{ |S_n - m_n| > \frac{l}{2} \right\} \geqq \frac{1}{6} \Pr\{ M_n > l \},$$

on déduit simplement que : (2_f) *et* (2_F) *sont respectivement des conditions nécessaires pour la loi faible et pour la loi forte.*

La réciproque implique une distinction essentielle. Nous dirons qu'une variable aléatoire est *presque gaussienne*, si elle est de la forme $\lambda\xi + \mu$, la loi dont dépend ξ étant peu différente de la loi de Gauss réduite. La somme S_n sera dite *presque laplacienne*, si elle est presque gaussienne, et que ce caractère presque gaussien puisse se déduire du théorème de W. Feller et P. Lévy (forme définitive du théorème de Laplace-Liapounoff); cela revient à dire que $M_n/(S_n - m_n)$ est très probablement très petit. Asymptotiquement, qu'il s'agisse ou non des sommes successives d'une série, il y a trois cas à distinguer : le *cas laplacien*, le *cas oscillant*, ou *laplacien par intermittence*, et le cas *uniformément non laplacien* (nous sous-entendrons : *uniformément*).

Dans les deux premiers cas, on peut toujours déterminer les a_n *de manière que* (2_f) *soit vérifié, mais non* (1_f) *et aussi de manière que* (2_F) *soit vérifié, mais non* (1_F). *Dans le cas non laplacien, au contraire,* (2_f) *implique* (1_f) [même si les $m(X_\nu)$ ne sont pas nuls]. *Si alors* $m(X_\nu) = o(a_\nu)$, (1_f) *et* (2_f) *sont équivalents.*

Des exemples simples montrent que l'énoncé relatif au troisième cas ne s'étend pas à la loi forte sans une condition plus restrictive. Mais si tous les $|X_\nu|$ ont la même distribution, c'est-à-dire si

$$F_\nu(x) = \Pr\{ |X_\nu| > x \}$$

est indépendant de ν [nous supprimerons alors l'indice], le cas non laplacien est caractérisé par l'existence d'un nombre fini c tel que

(3) $$\int_0^x y^2 |dF(y)| \leqq c x^2 F(x),$$

et : *cette condition, sans aucune restriction relative aux* $m(x_\nu)$, *est nécessaire et suffisante pour que* (1_F) *et* (2_F) *soient équivalents.*

Si $F_\nu(x)$ varie avec ν, nous dirons que les fonctions $F_\nu(x)$ sont *également non laplaciennes* si elles vérifient toutes la condition (3) *pour une constante c indépendante de* ν. Alors il existe une constante $C = \varphi(c)$ telle que

$$\Pr\{|S_n - m_n| > l\} \leq C \Pr\{M_n > l\},$$

et l'on en déduit que :

Théorème fondamental. — *Si les fonctions* $F_\nu(x)$ *sont également non laplaciennes, et si* $m(X_\nu) = o(a_\nu)$, *les formules* (1_F) *et* (2_F) *sont équivalentes.*

Le résultat relatif au cas particulier où $F_\nu(x) = F(x)$ est à rapprocher d'un théorème de W. Feller [1], qui fait l'hypothèse un peu plus restrictive que $\Pr\{X_\nu < x\}$ soit indépendant de ν. Il impose aux a_n une condition de régularité qui n'intervient pas dans notre théorème. La notion de l'équivalence de (1_F) et (2_F) devient ainsi moins restrictive, et Feller peut démontrer cette équivalence en n'imposant à $F(x)$ que des conditions un peu moins restrictives que notre condition (3).

MÉCANIQUE. — *Influence du rapport des débits d'air et de liquide sur la finesse des micro-brouillards.* Note [*] de M. **Raymond Boucher**, présentée par M. Gustave Ribaud.

L'étude granulométrique des micro-brouillards produits par des atomiseurs pneumatiques spéciaux (faible surface de l'orifice de détente de l'air) montre que pour un certain rapport du débit d'air au débit de liquide Q_a/Q_l, la finesse de la suspension peut être inversement proportionnelle à la pression dynamique de l'air à « *vena contracta* ». La loi générale de proportionnalité directe doit se retrouver pour les fortes valeurs de Q_a/Q_l.

Pour créer des micro-brouillards liquides dont la taille moyenne des particules soit située entre 0,1 et 5 μ, on peut utiliser soit la méthode de l'atomisation pneumatique, soit celle de l'injection solide. Dans la première de ces techniques, le jet liquide, émis à faible vitesse, est soumis à l'action d'un courant gazeux de forte vitesse tandis que dans l'injection solide, c'est le jet liquide qui est animé d'une grande vitesse dans une atmosphère quasi immobile. Nukiyama et Tanasawa ont les premiers [1] fourni une équation empirique permettant de relier la finesse d'un micro-brouillard aux caractéristiques de fonctionnement d'un atomiseur pneumatique :

$$d_{vs} = \frac{585\sqrt{\sigma}}{V\sqrt{\rho}} + 597\left(\frac{\mu}{\sqrt{\sigma\rho}}\right)^{0,45}\left(1000\,\frac{Q_l}{Q_a}\right)^{1,5}, \tag{1}$$

(1) *Amer. J. Math.*, 68, 1946, p. 257-262.

(*) Séance du 10 novembre 1952.

(1) *Trans. Soc. Mech. Engrs* (Japan), 6, (22), série 7-série 8, 1940.

où d_{vs} = diamètre « volume-surface » (diamètre d'une goutte ayant le même rapport surface-volume que la somme de toutes les micro-gouttelettes) en microns.

Q_l/Q_a = rapport du débit de liquide et du débit d'air à « *vena contracta* »; V = vitesse relative entre le courant gazeux et l'écoulement liquide (m/sec); ρ = densité du liquide (g/cm³); μ = viscosité du liquide (poises); σ = tension superficielle (dynes/cm).

Cette équation non dimensionnelle s'applique seulement pour les pulvérisateurs pneumatiques dans lesquels le liquide d'injection a une densité comprise entre 0,7 et 1,2 g/cm³, une tension superficielle entre 19 et 73 dynes/cm et une viscosité entre 0,003 et 0,5 poise, la vitesse du gaz à « *vena contracta* » étant inférieure à celle du son. La plupart des atomiseurs pneumatiques fonctionnent avec un rapport Q_a/Q_l assez élevé et par conséquent l'augmentation de la pression dynamique (c'est-à-dire de V) dans la veine gazeuse au point où se produit la pulvérisation se traduit par une diminution de la taille moyenne des particules du micro-brouillard. G. Littaye (²) a montré en outre que le diamètre des plus grosses gouttes pouvant se trouver en équilibre dans le courant gazeux est inversement proportionnel à la pression dynamique maxima dans la veine.

Ayant eu l'occasion d'étudier les spectres granulométriques de micro-brouillards (³) émis par des atomiseurs pneumatiques à faible Q_a/Q_l (<500), nous avons constaté que dans un tel domaine le diamètre moyen des gouttelettes ainsi que celui des plus grosses gouttes suivent une loi de variation exactement inverse de celle indiquée précédemment. Dans le tableau I nous avons rassemblé certaines des données les plus caractéristiques correspondant à une de nos séries d'essais.

Nº d'essai	Type de micro-brouillard $n = 100 \exp\left(-\frac{c}{d}\right)^b$	d_{vs} formule 1	d_{vs} observé	Δ grosses gouttes	Q_A/Q_L	Q_L	V
1	$n = 100 \exp\left(-\frac{3,35}{d}\right)^{1,36}$	106 μ	18,5 μ	33,7 μ	482,5	1,9 cm³/sec	408 m/sec
2	$n = 100 \exp\left(-\frac{2,48}{d}\right)^{1,31}$	136 μ	20,9 μ	41,2 μ	398	3,7 cm³/sec	630 m/sec
3	$n = 100 \exp\left(-\frac{2,15}{d}\right)^{1,27}$	147 μ	21,6 μ	43,7 μ	375	5 cm³/sec	802 m/sec
4	$n = 100 \exp\left(-\frac{1,9}{d}\right)^{1,02}$	146 μ	30,6 μ	48,7 μ	375	6,4 cm³/sec	1041 m/sec
5	$n = 100 \exp\left(-\frac{1,9}{d}\right)^{1,01}$	153 μ	28,2 μ	51,2 μ	370	7,6 cm³/sec	1196 m/sec

TABLEAU 1*

(²) *Chal. et Ind.*, **238**, 1947, p. 3-7.

(³) R. Boucher, *Chal. et Ind.* (sous presse).

(*) La série d'essais du tableau I a été effectuée avec des atomiseurs pneumatiques fonctionnant à l'azote et dispersant une solution à 0,1 % du di-octyl-succylsulfonate de sodium (densité du liquide 1,086 g/cm³, viscosité 0,01 poise, tension superficielle 36 dynes/cm).

Ces résultats montrent en effet une proportionnalité assez nette entre la vitesse des gaz éjectés pour fractionner le liquide à « *vena contracta* » et la taille des micro-gouttelettes produites. En examinant l'allure des courbes $V = \Phi(Q_l)$ et $V = \Phi'(Q_a/Q_l)$, on trouve une explication possible du phénomène. En effet, lors de l'accroissement de vitesse du gaz dans l'atomiseur, il se produit une succion du liquide à disperser qui est de plus en plus intense; en d'autres termes, l'accroissement de Q_l est plus rapide que celui de Q_a et ceci se traduit par la courbe à allure descendante de la fonction Φ'. Une augmentation ultérieure de la pression de gaz (au delà de 6 kg/cm² par exemple) ne se traduirait sans doute plus par une forte diminution de la taille particulaire, étant donné que Q_l doit atteindre très vite une valeur « critique » difficile à dépasser. On peut donc prévoir en théorie l'apparition d'un « seuil » qui, pour une certaine valeur de Q_a/Q_l (à déterminer pour chaque atomiseur), permettrait de retrouver les lois générales de l'atomisation pneumatique telles qu'elles ont été explicitées par G. Littaye ([4]) et les auteurs japonais.

Remarquons enfin que dans le domaine spécial (vitesses d'air supersoniques à l'éjection) où nous avons appliqué la formule I, celle-ci fournit des d_{vs} croissant dans le même sens, mais beaucoup plus élevés que ceux observés expérimentalement. Le même fait avait d'ailleurs été signalé ([5]) dans le domaine ($Q_a/Q_l > 5\,000$).

Les analyses de micro-brouillards ont été effectuées à 5 m de distance sur l'axe de l'atomiseur avec la technique de captation sur fils de plexigum ([6]) ([7]).

MÉCANIQUE DES FLUIDES. — *Écoulement radial d'un fluide compressible visqueux entre deux plans parallèles*. Note (*) de M. **Raymond Comolet**, présentée par M. Joseph Pérès.

Équations générales du mouvement. — L'écoulement présente une symétrie de révolution dont l'axe sera pris comme axe vertical Oz et le plan médian comme plan xOy. Les deux plans parallèles qui limitent l'écoulement ont les cotes $\pm(d/2)$.

Soient r, θ, z les coordonnées cylindropolaires d'un point M de l'espace, et u, v, w les composantes de la vitesse $\vec{V}$ en ce point (*fig.* 1).

Dans le cas d'un mouvement permanent pour lequel les lignes de courant sont radiales et horizontales nous avons $v = w = 0$ et les dérivées par rapport à t et θ sont nulles.

([4]) *Group. Rech. Aero*, Note technique, n° 19, 1945.

([5]) H. C. Lewis, D. C. Edwards, M. J. Goglia, R. Rice et L. W. Smith, *Ind. Eng. Chem.*, 1947, p. 2424-2427.

([6]) E. Brun, L. Demion et M. Vasseur, *Comptes rendus*, **224**, 1947, p. 1518.

([7]) R. Boucher, *Comptes rendus*, **230**, 1950, p. 1826.

(*) Séance du 3 novembre 1952.

Les équations générales du mouvement se réduisent aux suivantes (en négligeant les forces de volume) :

$$(\mathrm{I})\qquad \left\{\begin{aligned} & u\frac{\partial u}{\partial r} = -\frac{1}{\rho}\frac{\partial p}{\partial r} + \nu\left[\frac{1}{3}\frac{\partial}{\partial r}\left(\frac{1}{r}\frac{\partial r u}{\partial r}\right) + \frac{\partial^2 u}{\partial r^2} + \frac{1}{r}\frac{\partial u}{\partial r} + \frac{\partial^2 u}{\partial z^2} - \frac{u}{r^2}\right], \\ & 0 = -\frac{1}{\rho}\frac{\partial p}{\partial z} + \nu\left[\frac{1}{3}\frac{\partial}{\partial z}\left(\frac{1}{r}\frac{\partial r u}{\partial r}\right)\right], \\ & \frac{\partial}{\partial r}(\rho r u) = 0 \qquad \text{(équation de continuité).} \end{aligned}\right.$$

Nous prendrons comme équation d'état celle des gaz parfaits $p/\rho = r\mathrm{T}$.

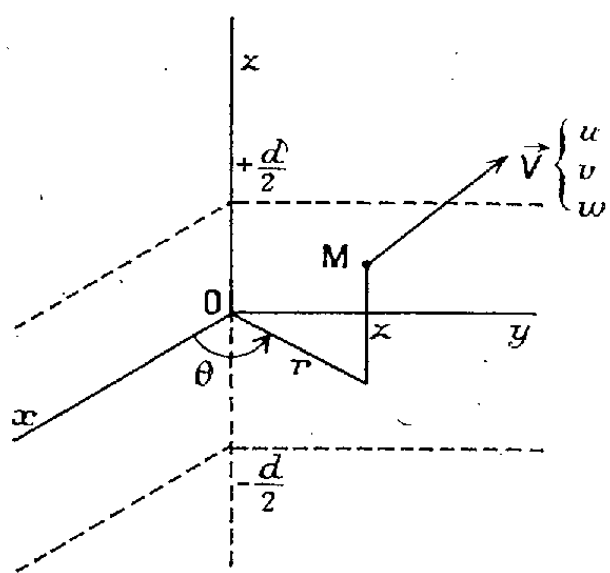


Fig. 1.

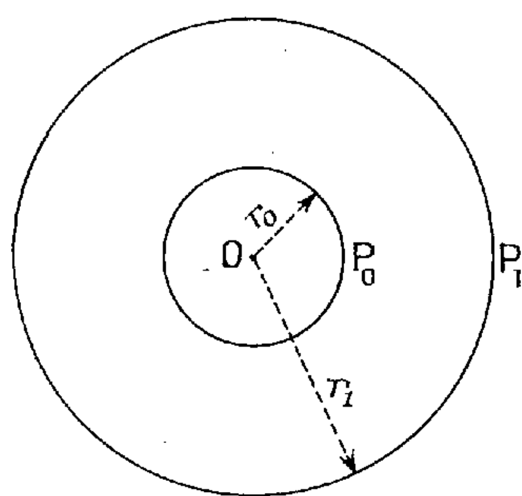


Fig. 2.

Solution approchée dans le cas d'un fluide visqueux compressible. — Nous supposerons que la distance d des deux plans est infiniment petite devant le rayon vecteur r qui est du même ordre de grandeur que u et p.

Dans ces conditions en ne retenant dans les équations du système (I) que les termes d'ordre supérieur, nous obtenons

$$(\mathrm{II})\qquad \left\{\begin{aligned} & u\frac{\partial u}{\partial r} = -\frac{1}{\rho}\frac{dp}{dr} + \nu\frac{\partial^2 u}{\partial z^2}, \\ & p = p(r), \\ & u = \frac{g(z)}{\rho r}, \end{aligned}\right.$$

$g(z)$ étant une fonction de z seulement.

Nous allons faire maintenant l'hypothèse que *les forces d'inertie sont négligeables devant les forces de viscosité,* hypothèse qui se justifie facilement puisque la faible épaisseur de la canalisation doit provoquer des effets de viscosité considérables. Nous avons donc

$$(\mathrm{III})\qquad \left\{\begin{aligned} & \frac{1}{\rho}\frac{dp}{dr} = \nu\frac{\partial^2 u}{\partial z^2}, \\ & u = \frac{g(z)}{\rho r}. \end{aligned}\right.$$

On en tire

$$u = \frac{ad^2}{4\rho r}\left[1 - \left(\frac{2z}{d}\right)^2\right], \qquad \text{avec} \quad -2a = \frac{d^2 g}{dz^2} = \frac{r}{\nu}\frac{dp}{dr}.$$

La répartition des vitesses est parabolique, mais la courbe se déforme progressivement en fonction de r. Les quantités p et ρ ne dépendent que de r.

Soit M le débit en masse qui s'écoule par la canalisation

$$M = \int_{-\frac{d}{2}}^{+\frac{d}{2}} 2\pi r u \rho \, dz = \frac{\pi}{3} u \, d^3 = -\frac{\pi}{6}\frac{d^3}{\mu} r\rho \frac{dp}{dr}.$$

Pour continuer le calcul il faut faire une hypothèse sur la loi de transformation du fluide lors de l'écoulement. Posons la de la forme

$$\frac{p}{\rho^n} = \text{const.} = \frac{p^0}{\rho_0^n} \quad (n \text{ étant une constante}).$$

En exprimant la conservation de la masse M tout le long de la canalisation on obtient

$$r\rho\frac{dp}{dr} = \text{const.} = \text{A}, \qquad \text{avec} \quad \text{A} = -\frac{\mu}{\frac{\pi}{6}\frac{d^3}{\mu}}.$$

Nous admettons ici que μ ne varie pas, ce qui, pour un gaz, n'est rigoureusement exact, que dans une transformation isotherme ($n = 1$). Nous tirons donc l'équation différentielle suivante :

$$p^{\frac{1}{n}} dp = \text{A}\frac{p_0^{\frac{1}{n}}}{\rho_0}\frac{dr}{r}.$$

On peut l'intégrer entre les rayons r_0 et r_1 où règnent les pressions P_0 et P_1 (*fig.* 2)

En posant $\frac{P_0}{P_1} = \alpha$ nous obtenons l'équation du débit :

$$M = \frac{\pi d^3}{6\mu}\frac{n}{n+1}\frac{P_1^2}{2T_0}\alpha^2\left(1 - \frac{1}{\alpha^{\frac{n+1}{n}}}\right)\frac{1}{\text{Log}\frac{r_1}{r_0}}.$$

Remarque. — Lorsque la différence $P_0 - P_1$ est petite devant P_1 et voisine de 1, l'équation précédente se réduit à

$$M = \frac{\pi d^3}{6\mu}\frac{P_1}{rT_0}(P_0 - P_1),$$

on retrouve la loi de proportionnalité entre M et $P_0 - P_1$, comme pour un fluide incompressible. Elle ne dépend pas de la loi de transformation donc de n. On peut, si l'on veut, considérer dans ces conditions, que l'écoulement, aux faibles vitesses a lieu d'une manière isotherme ($n = 1$).

Au contraire, lorsque la différence $P_0 - P_1$ est grande, les phénomènes de compressibilité sont importants, les vitesses d'écoulement également, les échanges de température avec les parois plus difficiles et la loi de transformation doit tendre vers la loi adiabatique ($n = \gamma$).

PHYSIQUE THÉORIQUE. — *Relation entre le principe des potentiels retardés et le second principe de la thermodynamique.* Note de M. **Olivier Costa de Beauregard**, présentée par M. Louis de Broglie.

Variation de l'entropie d'un système *émetteur macroscopique + photons libres* lors d'une émission ou absorption de photons.

Raisonnons sur un exemple volontairement très schématisé. La source macroscopique ($\mathcal{S}$) sera formée de N atomes identiques, susceptibles seulement de deux niveaux d'énergie $h\nu_0$ et $h\nu_1$, et maintenus rassemblés par une énergie potentielle constante à l'intérieur d'un volume indéformable et fini υ. Lors de l'absorption ou de l'émission d'un photon de fréquence $\nu = \nu_1 - \nu_0$, il y a à la fois changement d'état interne et recul de la source; ce dernier n'interviendra pas dans la statistique de notre problème, puisque, dans l'espace vide, tous les états inertiques de $\mathcal{S}$ sont également probables. Négligeant les variations de vitesse de la source $\mathcal{S}$ très lourde, prenons un repère galiléen $\mathcal{G}$ lié à son centre de gravité; compte tenu de l'effet Doppler pour les atomes, les niveaux ν_0 et ν_1 sont supposés fins, et leurs largeurs $\delta\nu_0$ et $\delta\nu_1$ définies de manière à n'exclure que des énergies négligeables; soient g_0 et g_1 les nombres correspondants de degrés de liberté internes de $\mathcal{S}$, qui, d'après nos hypothèses, sont *fixes* et *finis*.

Appelant n le nombre des N atomes situés sur le niveau fondamental ν_0, enfermons idéalement la source $\mathcal{S}$ avec n photons ν dans une enceinte parfaitement réfléchissante pour les photons, de volume très grand V et de contour $\mathcal{C}$ fixe dans $\mathcal{G}$; les desiderata précédents seront satisfaits si l'on suppose idéalement que la paroi $\mathcal{C}$ serait parfaitement transparente au corps macroscopique $\mathcal{S}$. Dans les états où le niveau ν_1 est vide, les N photons libres sont répartis en moyenne autour de la fréquence ν suivant un profil qui est une *donnée physique* de notre problème; soit $\delta\nu$ la largeur de cette raie fine définie comme précédemment, g le nombre de degrés de liberté correspondants, qui est proportionnel à V d'après la loi de Rayleigh-Jeans (modifiée pour tenir compte du spin).

A n photons libres correspondent n atomes sur le niveau ν_0 et $N - n$ sur le niveau ν_1; suivant les règles bien connues de la mécanique statistique [1], il vient alors, pour la variation dS d'entropie liée à l'émission ($dn > 0$) ou à

[1] *Voir* par exemple L. Brillouin, *Les statistiques quantiques*, I, Paris, 1930, p. 134-138.

l'absorption ($dn < 0$) de dn photons :

$$\frac{dS}{dn} = \text{Log}\frac{(N-n)(g+n)(g_0+\varepsilon n)}{n^2[g_1+\varepsilon(N-n)]};$$

$\varepsilon = 0, +1, -1$ suivant que les atomes suivent la statistique classique, celle de Bose ou celle de Fermi (la même sur leurs deux états, puisque les photons sont des « bosons »). La valeur $\bar{n}$ de n qui rend S stationnaire est racine de l'équation

$$(N-n)(g+n) = n^2\frac{g_1+\varepsilon(N-n)}{g_0+\varepsilon n}.$$

Supposons que la paroi $\mathcal{C}$ soit arbitrairement lointaine dans toutes les directions : alors $g \to \infty$ et, nécessairement, $n \to N$: *tout se passe comme si les* N *photons du système « s'évaporaient » à partir d'une phase condensée, « l'état annihilé »*. Ce résultat, joint au fait évident que, dans le cas où V est fini et $\bar{n} < N$, le signe de dS/dn est le même que celui de $\bar{n} - n$, constitue la *déduction statistique de la règle des potentiels retardés*. Le point important est l'association en un produit des nombres $N - n$ des photons annihilés et g des cases allouées aux photons libres; *cette circonstance se retrouvera dans tous les problèmes de rayonnement macroscopique*, ce qui doit permettre l'extension générale de la présente démonstration, moyennant les précautions mathématiques requises.

Notons bien que les états des systèmes que nous considérons sont *fort éloignés de l'équilibre thermique;* la température n'intervient pas, et ne pourrait pas être définie; en revanche, il est nécessaire de recourir à la définition généralisée de l'entropie propre à la mécanique statistique.

Il ressort de ce qui précède que, si nous partageons avec Wheeler, Feynman, Watanabe, l'idée d'une symétrie temporelle complète du phénomène élémentaire, nous n'adhérons ni à la théorie préquantique de l'élimination statistique des ondes avancées des deux premiers auteurs (²), ni à la théorie quantique purement subjectiviste de leur non-apparition du troisième (³). Nous avons examiné ailleurs les implications épistémologiques de ce genre de problèmes (⁴).

PHYSIQUE THÉORIQUE. — *Sur les solutions de l'équation d'évolution.* Note de M. **Roland Guy**, présentée par M. Louis de Broglie.

Avec des conditions plus faibles pour $\mathcal{F}(t, \tau)$ que celles exigées dans une précédente Note (¹), l'équation (V) ci-dessous a encore des solutions $X(t)$, limites faibles d'itérés par approximations successives.

(²) *Rev. Mod. Phys.*, **17**, 1945, p. 157-181 et **21**, 1949, p. 425-433.

(³) *Phys. Rev.*, **84**, 1951, p. 1008-1025; *Revue de métaphysique et de morale*, nº **2**, 1951, p. 128-142.

(⁴) *Revue des questions scientifiques*, 20 avril 1952, p. 171-199.

(¹) R. Guy, *Comptes rendus*, **233**, p. 288, 1951. On désignera cette Note par (NI).

1. Nous avions considéré l'équation

$$(\text{V}) \qquad X(q, t) = X^0(q, t) + \int_{t_0}^{t} \mathcal{F}(q; t, \tau) X(q, \tau)\, d\tau,$$

où X et X^0 sont des fonctions de l'espace de Hilbert $\mathfrak{h}$, l'une inconnue, l'autre connue, dépendant des variables de l'espace de configuration Ω et des paramètres temporels t et τ et où $\mathcal{F}$ est un opérateur de $\mathfrak{h}$ fortement continu. Nous avions montré que (V) avait une solution $X(t)$ limite forte d'une suite d'itérés par approximations successives.

Mais la condition de continuité forte exigée pour $\mathcal{F}$ est trop restrictive pour les besoins de la physique théorique. Nous voulons montrer alors ici, que sous des conditions plus faibles pour $\mathcal{F}$, il est possible d'obtenir une solution $X(t) \in \mathfrak{h}$ (²) qui soit limite faible d'itérés.

2. Comme dans (NI) l'approximation d'ordre n s'écrit

$$(1) \qquad X^{(n)}(t) = \int_{t_0} \mathcal{F}(t, \tau) X^{n-1}(\tau)\, d\tau$$

ou en introduisant des opérateurs itérés

$$(2) \qquad X^{(n)}(t) = \int_{t_0}^{t} \mathcal{F}^{(n)}(t, \tau) X^0(\tau)\, d\tau$$

avec

$$(3) \qquad \mathcal{F}^{(n)}(t, \tau) = \int_{\tau}^{t} \mathcal{F}(t, \tau_1)\, \mathcal{F}^{(n-1)}(\tau_1, \tau)\, d\tau_1 = \int_{\tau}^{t} \mathcal{F}^{(n-1)}(t, \tau_1)\, \mathcal{F}(\tau_1, \tau)\, d\tau_1.$$

La solution est donnée par la série

$$(4) \qquad X(t) = \sum_{j=0}^{j=\infty} X^{(j)}(t).$$

Montrons que si *les produits* $\mathcal{F} X^0$, $\mathcal{F} . \mathcal{F} X^0$, ..., $\mathcal{F} \ldots \mathcal{F} X^0$ *sont intégrables par rapport aux q et aux paramètres temporels t et* τ *au sens de Lebesgue, la série* (4) *est faiblement convergente,* ce qui revient à montrer que les suites associées $S_n = \sum_{j=1}^{n} X^{(j)}$ sont faiblement convergentes, c'est-à-dire que si $Y \in \mathfrak{h}$, les produits scalaires (Y, S_n) convergent vers une limite, ou en utilisant le critère de Cauchy pour la convergence des suites numériques

$$(5) \qquad [(Y, S_{n+p}) - (Y, S_n)] = (Y, X^{(n)}) + \ldots + (Y, X^{n+p}) < \varepsilon \qquad \text{si} \quad n, p > N(\varepsilon).$$

(²) Il est nécessaire que $X(t) \in \mathfrak{h}$ pour que le principe des interférences puisse être appliqué.

On montre facilement d'après les propriétés des intégrales et du produit scalaire que

$$(6) \qquad |(\mathrm{Y}, \mathrm{X}^{(1)})| < \int_{t_0}^{t} \int_{\Omega} |\mathrm{Y}|\,|\mathcal{F}(t, \tau)\mathrm{X}^0(\tau)|\,d\mathrm{P}.d\tau.$$

Si $\mathcal{F}\mathrm{X}^0$ est intégrable, comme on le suppose, Y étant de carré intégrable, on sait que le produit des modules est intégrable et que

$$\mathcal{J} = \int_{\Omega} |\mathrm{Y}|\,|\mathcal{F}(t, \tau)\mathrm{X}^0(\tau)|\,d\tau$$

existe. Si alors K est un nombre formé par les bornes de $|\mathrm{Y}|$ dans Ω et que I_1 est la borne supérieure de $\int_{\Omega} |\mathcal{F}\mathrm{X}^0|\,d\mathrm{P}$, quels que soient t et τ dans un certain intervalle (t_0, t_1), nous aurons par le théorème de la moyenne :

$$|(\mathrm{Y}, \mathrm{X}^{(1)})| \leqq \mathrm{KI}_1 \int_{t_0}^{t} d\tau = \mathrm{KI}_1(t - t_0).$$

Si ensuite on pose :

$$\mathrm{I}_2 = \text{borne sup de} \int_{\Omega} |\mathcal{F}(t, \tau), \mathcal{F}(\tau, \tau_1)\,\mathrm{X}^0(\tau_1)|\,d\mathrm{P},$$

et si pour plus de simplicité on suppose $t_0 = 0$, ce qui ne restreint pas la généralité, on obtient facilement :

$$(7) \qquad |(\mathrm{Y}, \mathrm{X}^{(2)})| < \mathrm{KI}_2 \frac{t^2}{2\,!} \qquad \text{et de même} \qquad |(\mathrm{Y}, \mathrm{X}^{(n)})| \leqq \mathrm{KI}_n \frac{t^n}{n\,!}.$$

Puis en utilisant (5), l'inégalité triangulaire et (7), on voit bien que la série (4) est faiblement convergente.

3. Supposons maintenant *que* $\mathcal{F}(t, \tau)$ *est linéaire et faiblement continu*. Soit alors $\mathrm{X}^0(t) \in \mathfrak{h}$, que nous supposerons limite faible d'éléments de $\mathfrak{h}$, alors, d'après la définition même d'un opérateur faiblement continu, l'application de $\mathcal{F}$ à cette suite la transforme en une suite faiblement convergente qui a pour limite faible $\mathcal{F}(t, \tau)\mathrm{X}^0$. Le même raisonnement est valable pour les produits $\mathcal{F}(t, \tau)\mathcal{F}(\tau, \tau_1)\mathrm{X}(\tau_1)$, ..., $\mathcal{F}(t, \tau)\mathcal{F}(\tau, \tau_1)$, ..., $\mathcal{F}(\tau_{n-2}, \tau_{n-1})\mathrm{X}^0(\tau_{n-1})$; les éléments limites $\in \mathfrak{h}$, alors $|\mathrm{Y}|\,|\mathcal{F}(t, \tau)\mathrm{X}^0(\tau)|$, ... sont de carré intégrable et par suite $\int_{\Omega} |\mathrm{Y}|\,|\mathcal{F}(t, \tau)\mathrm{X}^0(\tau)|\,d\mathrm{P}$, ..., $\int_{\Omega} |\mathrm{Y}|\,|\mathcal{F}(t, \tau), \ldots, \mathcal{F}(\tau_{n-2}, \tau_{n-1})\mathrm{X}^0|\,d\mathrm{P}$, ... existent. Les inégalités (7), à partir de ce point de la démonstration s'obtiennent de la même manière que dans le paragraphe 2.

PHYSIQUE THÉORIQUE. — *Sur une possibilité de généralisation covariante de la théorie du couplage intermédiaire.* II. Note de M. **Maurice Jean**, présentée par M. Louis de Broglie.

La possibilité de généraliser l'approximation de Tomonaga, en vue de la résolution de l'équation proposée dans une précédente Note [1] est examinée. Un principe variationnel et des fonctions d'essai possibles sont présentés.

On montre que l'équation (I.4) proposée dans I se déduit du principe variationnel $\delta\mathcal{J} = 0$, avec

$$(1)\qquad \mathcal{J} = \int dp\,\overline{\Psi}(p)[\mathbf{p} - \mathrm{M}_0]\Psi(p) - \iint dp\,dk\,\mathrm{D}_\mathrm{F}^{\frac{1}{2}}(k)\,\overline{\psi}(p)\mathrm{O}\,\{a(k)\Psi(p-k) + a^*(k)\psi(p+k)\}$$

qui devient, en introduisant la représentation (I.5) :

$$(2)\qquad \mathcal{J} = \sum_{m=0}^{\infty}\int dp\,d\mathrm{Q}_m\Big\{\overline{\psi}(p\,;\,\mathrm{Q}_m)[\mathbf{p} - \mathrm{M}_0]\psi(p\,;\,\mathrm{Q}_m) - 2m^{\frac{1}{2}}\,\mathrm{Re}\,\overline{\psi}(p\,;\,\mathrm{Q}_m)\,\mathrm{O}\,\psi(p+q_m\,;\,\mathrm{Q}_{m-1})\,\mathrm{D}_\mathrm{F}^{\frac{1}{2}}(q_m)\Big\}.$$

Nous effectuerons ensuite le changement de fonctions

$$(3)\qquad \psi_\alpha(p\,;\,\mathrm{Q}_m) = \sum_{rs}\mathrm{U}_\alpha^{rs}\Phi_{rs}(p\,;\,\mathrm{Q}_m),$$

où les $\mathrm{U}_\alpha^{rs}(p)$ sont les fonctions propres de l'opérateur $\mathbf{p}$ [2]. Pour choisir les fonctions $\Phi_{rs}(p\,;\,\mathrm{Q}_m)$ il convient de remarquer que le système d'équations (I.7) assure la conservation des quadrimoments, de telle sorte que le quadrimoment total P du « nucléon physique » est une constante du mouvement. Nous écrirons donc l'équation (2) à l'aide de (3) en tenant compte de cette propriété, c'est-à-dire en effectuant dans chacune des intégrales de (2) qui correspond à une valeur donnée de m le changement de variable $p = \mathrm{P} - \sum_{i=1}^{m} q_i$, et en supprimant l'intégration sur P. On obtient ainsi

$$(4)\qquad \mathcal{J} = \sum_m\sum_{rs}\int d\mathrm{Q}_m\Big\{\Phi_{rs}^*(p_m\,;\,\mathrm{Q}_m)[\varpi^r(p_m) - \mathrm{M}_0]\Phi_{rs}(p_m\,;\,\mathrm{Q}_m) - 2m^{\frac{1}{2}}\mathrm{Re}\sum_{r's'}\Phi_{rs}^*(p_m\,;\,\mathrm{Q}_m)\langle rs,\,p_m\,|\,\mathrm{O}\,|\,r's',\,p_{m-1}\rangle \times \Phi_{r's'}(p_{m-1}\,;\,\mathrm{Q}_{m-1})\mathrm{D}_\mathrm{F}^{\frac{1}{2}}(q_m)\Big\},$$

---

(1) M. Jean, *Comptes rendus*, 232, 1952, p. 794, Note désignée par I.

(2) On a

$$\mathbf{p}\,\mathrm{U}^{rs}(p) = \varpi^r(p)\,\mathrm{U}^{rs}(p), \qquad \varpi^r(p) = \pm\,\varpi(p) = \pm\sqrt{p^2}$$

suivant que $r = 1$ ou 2. L'indice s (valeurs 1 ou 2) correspond à la dégénérescence de spin.

où l'on a posé pour abréger $p_m = P - \sum_{i=1}^{m} q_i$. L'approximation de Tomonaga repose sur l'hypothèse que les fonctions d'onde peuvent s'écrire sous la forme d'un produit de fonctions individuelles. Nous poserons donc

$$\Phi_{rs}(p_m;\, Q_m) = C_m \chi_{rs}(p_m) \prod_{i=1}^{m} \varphi(q_i). \tag{5}$$

Les fonctions $\varphi(q)$ sont les fonctions individuelles associées aux mésons et la fonction $\chi_{rs}(p_m)$ est associée au nucléon « nu ». Ces fonctions sont normées suivant

$$\sum_{rs} \int |\chi_{rs}(P_m)|^2 \prod_{i=1}^{m} \varphi^2(q_i)\, dQ_m = 1, \tag{6}$$

de façon à ce que l'on ait, pour normer $\Psi(p)$

$$\sum_{m} C_m^2 = 1. \tag{6'}$$

Dans ces conditions on a

$$\mathcal{J} = \sum_{rs} \left\{ C_m^2 \alpha_m - 2 m^{\frac{1}{2}} C_{m-1} C_m \beta_m \right\} \tag{7}$$

avec [3]

$$\alpha_m = \sum_{rs} \int |\chi_{rs}(p_m)|^2 [\varpi^r(p_m) - M_0] \prod_{i=1}^{m} \varphi(q_i)\, dQ_m \tag{8}$$

et

$$\beta_m = \mathrm{R}c \sum_{rs} \sum_{r's'} \int \chi_{rs}^*(p_m) \langle rs,\, p_m \,|\, O \,|\, r's',\, p_{m-1} \rangle \times \chi_{r's'}(p_{m-1})\, \varphi(q_m)\, D_F^{\frac{1}{2}}(q_m) \prod_{i=1}^{m} \varphi^2(q_i)\, dQ_m. \tag{8'}$$

En variant d'abord $\mathcal{J}$ par rapport aux C_m on est conduit au système d'équations linéaires et homogènes

$$C_m \alpha_m - m^{\frac{1}{2}} C_{m-1} \beta_m - (m+1)^{\frac{1}{2}} C_{m+1} \beta_{m+1} = 0. \tag{9}$$

La résolution de ce système permet en principe de déterminer M_0 lorsqu'on se donne P, donc la self-énergie du nucléon physique. Lorsqu'on compare à la méthode de perturbation il semble que des fonctions d'essai convenables soient, dans le cas pseudo-scalaire par exemple :

$$\varphi(q) = D_F^{\frac{1}{2}}(q), \qquad \chi_{rs}(P) = \delta_{rr_0} \delta_{ss_0};$$

$$\chi_{rs}(p_m) = N_m^{-\frac{1}{2}} \frac{\langle rs,\, p_m \,|\, a_m \gamma_s + b_m \,|\, r_0 s_0,\, P \rangle}{\varpi^r(p_m) - \varpi^{r_0}(P) + i\delta},$$

(3) Les intégrales α_m et β_m sont divergentes, mais on peut envisager l'emploi d'une coupure relativiste (régularisation).

où N_m est déduit de (6) et les paramètres a_m et b_m sont déduits du principe variationnel ([4]). L'approximation du couplage faible se retrouve lorsqu'on suppose qu'il y a au plus un méson dans le nuage ($C_m = 0$, $m > 1$). Dans le cas général le système (10) est difficile à résoudre sans effectuer des approximations dont il est difficile de contrôler la validité. Néanmoins la théorie telle qu'elle vient d'être esquissée, peut être d'un usage commode pour traiter d'une manière approchée le cas du couplage faible quand on ne peut limiter à un le nombre de mésons du nuage.

ÉLECTROMAGNÉTISME. — *Constante diélectrique complexe à* 9500 MHz *de quelques phosphates en fonction de la température.* Note de MM. **Serge Le Montagner, Jean Le Bot** et **Yves Allain**, présentée par M. Jean Cabannes.

Des résultats nouveaux ont été trouvés dans la conduite à basse température de la constante diélectrique complexe de PO_4H_2K, $PO_4H_2(NH_4)$, $PO_4(NH_4)^3$. Pour les autres phosphates, nos mesures ont confirmé, à cette fréquence, des résultats déjà obtenus en B. F.

Nous avons mesuré à la fréquence de 9500 MHz, les constantes diélectriques complexes de neuf phosphates en utilisant la méthode des poudres déjà décrite ([1]) et nous avons étudié leur variation en fonction de la température dans le domaine de 83 à 293° K. Les points expérimentaux obtenus tant au réchauffement qu'au refroidissement, coïncident dans la limite des erreurs admises. Les densités apparentes des poudres ont été mesurées pour chaque expérience et figurent dans le tableau ci-dessous.

Tableau des densités apparentes.

Phosphates	Mono.	Bi.	Tri.
K	1,45	1,35	1,42
Na	1,31	1,01	1,09
NH_4	1,23	1,04	0,96

L'étude a porté successivement sur les divers phosphates de potassium, sodium et ammonium qui ont donné les résultats suivants :

1. *Phosphates de potassium.* — Le phosphate monopotassique PO_4H_2K a déjà fait l'objet de nombreuses recherches en radiofréquences ([2]), ([3]).

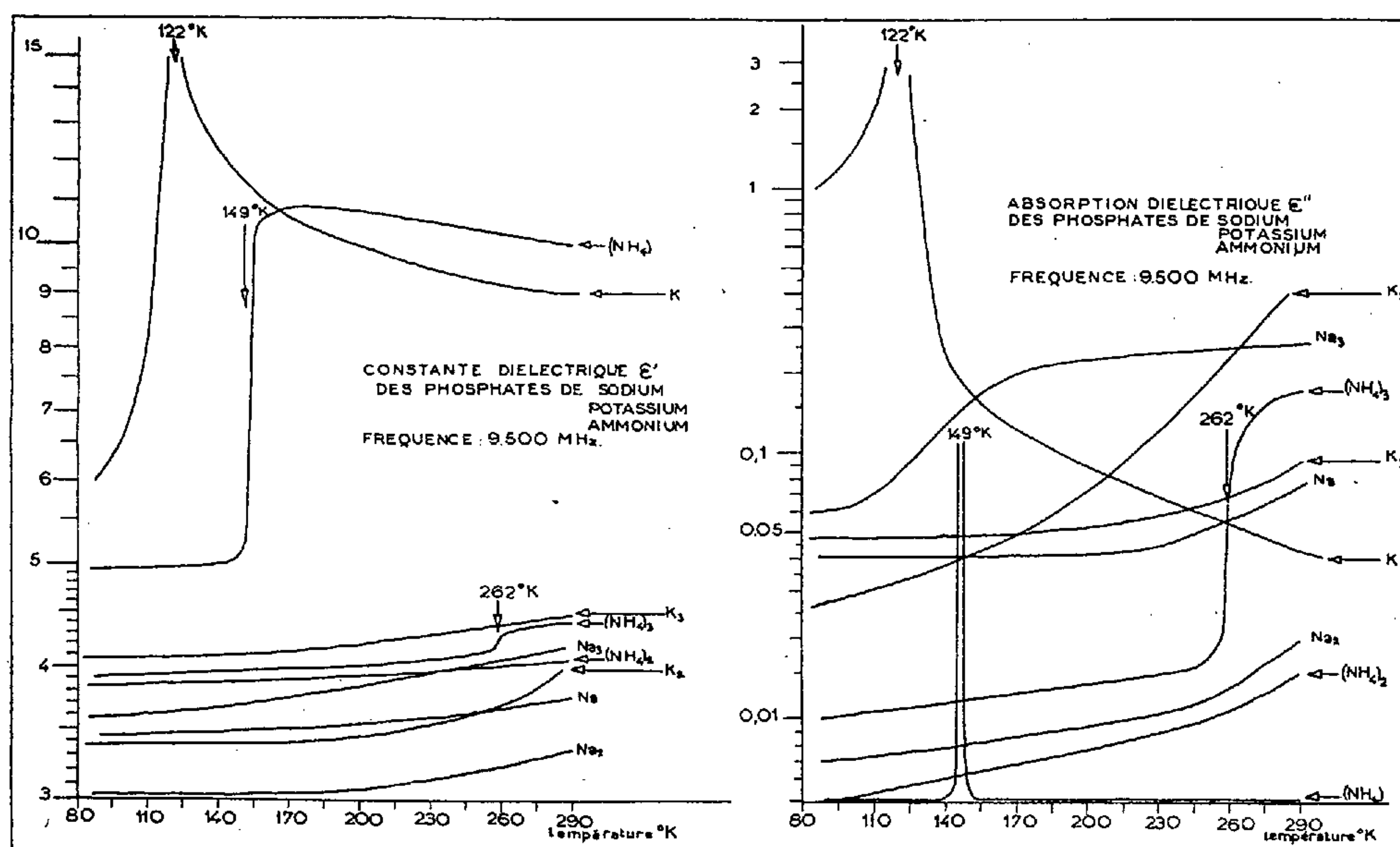
([4]) Il semble que les valeurs $a_{2n+1} = 1$, $b_{2n+1} = 0$ et $a_{2n} = 0$, $b_m = 1$ conduisent à des fonctions d'essai convenables.

([1]) A. Helaine, S. Le Montagner et J. Le Bot, *Comptes rendus*, **232**, 1951, p. 403.

([2]) R. Lion, *Ann. Phys.*, **17**, 1942, p. 324.

([3]) H. Baumgartner, *Helv. Phys. Act.*, **23**, 1950, p. 651.

La courbe que nous présentons pour ε' est très voisine de celle publiée par Lion à 69 kHz, mais nous trouvons également, pour ε'', au voisinage du point de Curie (122° K), un pic qui ne semble pas avoir été signalé jusqu'ici.



Les deux autres phosphates PO_4HK_2 et PO_4K_3 présentent une variation très lente de ε en fonction de la température. Il ne semble pas, en particulier, qu'il y ait possibilité d'existence, soit d'un point de transition, soit d'un phénomène type Debye, à moins que ceux-ci ne soient très faibles et inférieurs en tout cas à notre minimum détectable ($\varepsilon'' \simeq 5.10^{-3}$).

2. *Phosphates de sodium.* — On relève expérimentalement des courbes analogues aux précédentes pour les phosphates PO_4H_2Na et PO_4HNa_2, ce qui mène aux mêmes conclusions. Par contre, le phosphate trisodique PO_4Na_3 présente entre 110 et 180° K approximativement, une variation assez rapide de ε''.

3. *Phosphates d'ammonium.* — Le phosphate monoammonique $PO_4H_2NH_4$ possède un point λ vers 227° K et subit une transformation cristalline à 149° K ([4]). L'incidence de la première transformation sur ε est faible et de l'ordre de nos erreurs d'expérience; par contre, à 149° K, ε' subit une discontinuité et ε'', négligeable par ailleurs, prend une assez forte valeur dans un domaine de température n'excédant pas 1° de part

([4]) R. Guillien, *Ann. Phys.*, 17, 1942, p. 334.

et d'autre de la transition. Il ne nous a pas été possible expérimentalement d'évaluer cette absorption qui est, en tout cas, supérieure à 0,1. Aucune anomalie n'a été remarquée dans la conduite du phosphate biammonique $PO_4H(NH_4)_2$. Enfin, le phosphate triammonique présente, vers 262°K une brusque discontinuité, à la fois dans ε' et ε'', qui, à notre connaissance n'a pas encore été signalée. Expérimentalement, nous avons trouvé que les courbes au réchauffement et au refroidissement ne coïncidaient pas au voisinage de la discontinuité, l'écart en température étant environ 5°. Ceci pourrait être, toutefois, non pas la manifestation d'un phénomène d'hystérésis, mais l'indication d'une chaleur latente, liée à la transformation, de telle sorte que le passage des températures élevées aux basses températures soit exothermique.

D'autres mesures sont actuellement en cours sur les phosphates des autres métaux alcalins.

RADIOÉLECTRICITÉ. — *Spectre de puissance d'un oscillateur non linéaire à loi fréquence-amplitude, perturbé par le bruit.* Note de M. **Augustin Blaquière**, présentée par M. Louis de Broglie.

Nous avons déterminé, dans une précédente Note [1], le spectre de puissance et la puissance totale de bruit d'un oscillateur non linéaire simple, dont la fréquence était indépendante de l'amplitude. Supposons maintenant que la fréquence d'un oscillateur soit reliée aux variations de l'amplitude a par une loi de la forme habituelle [2] : $\nu = \nu_0[1 + (3\mu/8)a^2]$, et déterminons le spectre du signal entaché de bruit qu'il émet. Nous admettrons toujours que le système garde assez longtemps la mémoire des chocs électroniques individuels pour que l'état d'oscillation dépende à chaque instant d'un très grand nombre de chocs antérieurs. L'écart δa à l'amplitude stabilisée a_s varie donc lentement, à de petites fluctuations locales près dont la cadence est celle des chocs.

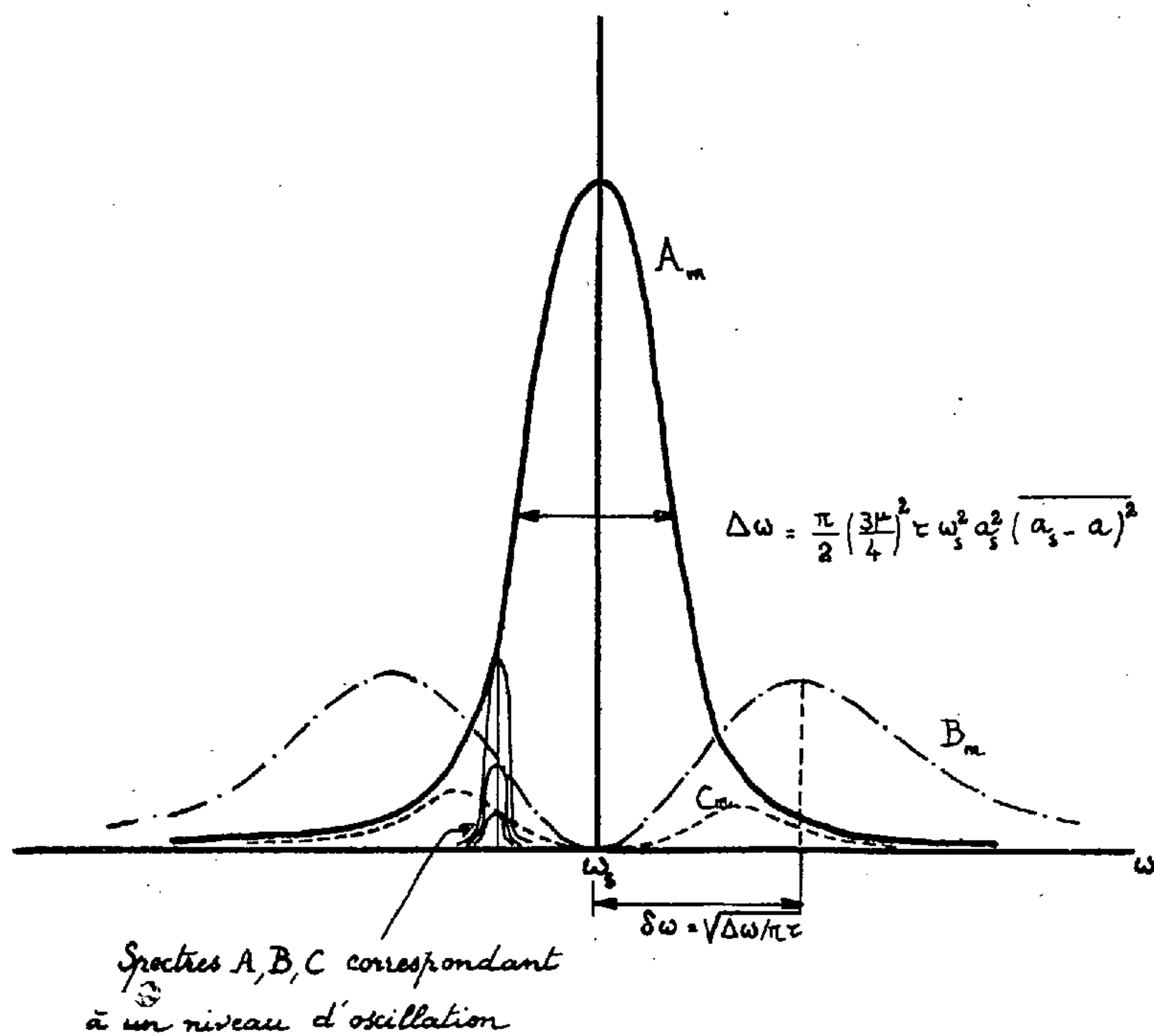
Un état défini par l'amplitude $a_s + \delta a$ (en négligeant les petites irrégularités locales) sera appelé « *niveau d'oscillation,* » et nous voyons qu'à chaque niveau d'oscillation $a_s + \delta a$ correspondra une fréquence $\nu_s + \delta\nu$ différente de la fréquence de régime.

Spectre de puissance d'un niveau d'oscillation. — Les raisonnements qui nous ont conduit au spectre de puissance de l'exemple initial [1] s'appliquent encore ici, tant que l'oscillateur se maintient sur un niveau donné. Il semble donc, au premier abord, que le spectre de puissance lié à ce niveau se réduise encore à une raie monochromatique représentant le signal sinusoïdal d'amplitude a_s,

---

(1) *Comptes rendus*, 234, 1952, p. 710.
(2) *Comptes rendus*, 234, 1952, p. 1140.

de fréquence $\nu_s + \delta\nu$ (spectre A), et à un spectre de bruit, superposé à cette raie, caractérisant les fluctuations d'amplitude et de phase. Les méthodes développées à propos du premier exemple permettent de décomposer, de même, ce dernier spectre en une bande continue (spectre B) et une raie de composant périodique (spectre C).



On voit cependant tout de suite que la raie du signal et celle du composant périodique ont, ici, une largeur finie liée à la durée de vie du niveau envisagé. Elles doivent, en effet, être remplacées par les spectres de *tronçons* de sinusoïdes dont la durée est limitée à celle de ce niveau. L'évaluation de la durée de vie moyenne d'un niveau montre qu'elle se confond avec la constante de temps τ de réaction de l'oscillateur à un choc. Par suite la raie du signal, celle du composant périodique, et la bande continue sont remplacées par trois spectres de même largeur.

Les spectres A et B sont ceux d'oscillations non corrélées, dont les puissances sont, par suite, additives. Les spectres A et C, au contraire, correspondent à des oscillations corrélées dont les amplitudes sont additives.

Propriétés moyennes du spectre de puissance du signal perturbé. — Les temps d'observation sont en pratique très longs devant les différents τ et l'on observe toujours les moyennes des trois spectres précédents.

1° *Moyenne des spectres* A. — Le signal est formé d'une succession de tronçons de sinusoïdes, de même amplitude a_s, de durée moyenne τ, et de pas

aléatoire. On trouve pour fonction de corrélation

$$\overline{\psi(x)} = \frac{1}{2} a_s^2 \, e^{-2\pi^2 \nu_s^2 a_s^2 \left(\frac{3\mu}{4}\right)^2 \overline{(a_s - a)^2} \frac{\tau^2}{3}} \, e^{-2\pi^2 \nu_s^2 a_s^2 \left(\frac{3\mu}{4}\right)^2 \overline{(a_s - a)^2} \tau x} \cos \omega_s x,$$

d'où l'on déduit la largeur spectrale

$$\Delta\omega = \frac{\pi}{2} \left(\frac{3\mu}{4} \right)^2 \tau \omega_s^2 a_s^2 \overline{(a_s - a)^2}.$$

2° *Moyenne des spectres* B. — Les spectres B, pour différents niveaux, correspondent à des oscillations non corrélées. L'enveloppe moyenne (B_m) de ces spectres est représentée sur le graphique en tenant compte de la loi de distribution des niveaux. Ce spectre moyen (B_m) ajoute sa puissance à celle du spectre (A_m) du signal.

3° *Moyenne des spectres* C. — Le spectre moyen (C_m) est obtenu comme (A_m) en tenant compte, de plus, de la loi de distribution des niveaux. La modification qu'il apporte au spectre (A_m) sera précisée ultérieurement.

L'étalement des spectres introduit par la dépendance fréquence-amplitude ne modifie pas le rapport (signal/bruit) qui est toujours donné par

$$\frac{\text{Signal}}{\text{Puissance totale de bruit}} = \frac{8(\text{MS} + r\text{C})^2}{3\text{M}bk\text{T}r}.$$

M est la mutuelle équivalente au couplage d'entretien, les autres lettres ont été définies précédemment [1].

OPTIQUE ÉLECTRONIQUE. — *Calcul de la répartition de potentiel* $\Phi(z)$ *sur l'axe d'un objectif électrostatique à immersion à électrodes épaisses*. Note (*) de M. **Albert Septier**, présentée par M. Gustave Ribaud.

Nous avons cherché une représentation de la fonction $\varphi(z)$, potentiel sur l'axe de l'objectif à immersion, suffisamment approchée et maniable, et nous avons construit deux approximations différentes.

1. La première méthode ne s'applique qu'aux objectifs à trous égaux (*fig.* 1), ce qui ne constitue pas une limitation sévère de la méthode, le rayon du trou d'anode qu'ayant qu'une influence secondaire. Selon une méthode d'approximation connue, nous partons d'une répartition fictive simple sur la surface du cylindre de rayon unité, en prenant pour unité de longueur le rayon commun des trous; $\Phi(z, r)$ étant le potentiel en un point quelconque, $\Phi(z, 1)$ sera prise : linéaire entre les électrodes et constante sur celles-ci.

Le développement classique de $\Phi(z, r)$ dans un espace à symétrie de

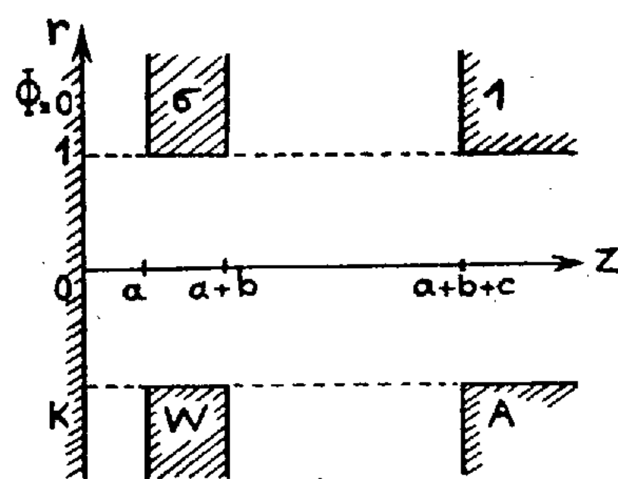
---

(*) Séance du 3 novembre 1952.

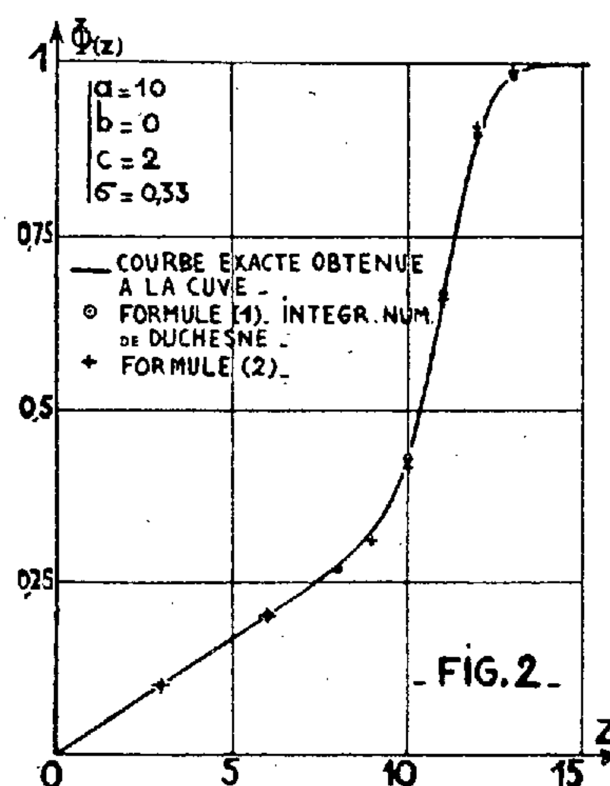
révolution mène alors à

$$(1)\quad \varphi(z)=\Phi(z,0)=\frac{2}{\pi}\left[\frac{\sigma}{a}\int_0^\infty \frac{\sin ka}{k^2 I_0(k)}\sin kz\,dk+\frac{1-\sigma}{c}\int_0^\infty \frac{\sin k(a+b+c)}{k^2 I_0(k)}\sin kz\,dk - \frac{1-\sigma}{c}\int_0^\infty \frac{\sin k(a+b)}{k^2 I_0(k)}\sin kz\,dk\right].$$

On retrouve bien dans le cas particulier du Wehnelt infiniment mince, la représentation établie et exploitée par Duchesne ([1]). Toutes les intégrales



- FIG. 1 -



- FIG. 2 -

définies s'expriment à l'aide de la seule fonction $F(z)=\int_0^\infty [\sin kz/k I_0(k)]\,dk$ que l'expression $(\pi/2)\,\mathrm{th}\,\omega z$ où $\omega=1{,}3184$, représente bien, à 0,01 près environ. On obtient après intégration :

$$(2)\quad \varphi(z)=\frac{\sigma}{2\omega a}\operatorname{Log}\frac{ch\,\omega(z+a)}{ch\,\omega(z-a)}+\frac{1-\sigma}{2\omega c}\operatorname{Log}\frac{ch\,\omega[z+(a+b+c)].ch\,\omega[z-(a+b)]}{ch\,\omega[z-(a+b+c)].ch\,\omega[z+(a+b)]}.$$

Le champ E_0 sur la cathode est donné par l'expression :

$$(3)\quad \varphi'(0)=E_0=\frac{\sigma}{a}\,\mathrm{th}\,\omega a+\frac{1-\sigma}{c}[\mathrm{th}\,\omega(a+b+c)-\mathrm{th}\,\omega(a+b)].$$

La figure 2 montre sur un exemple l'excellente précision de notre approximation. Il est à remarquer que cette méthode traduit sans restriction l'influence de l'épaisseur des électrodes.

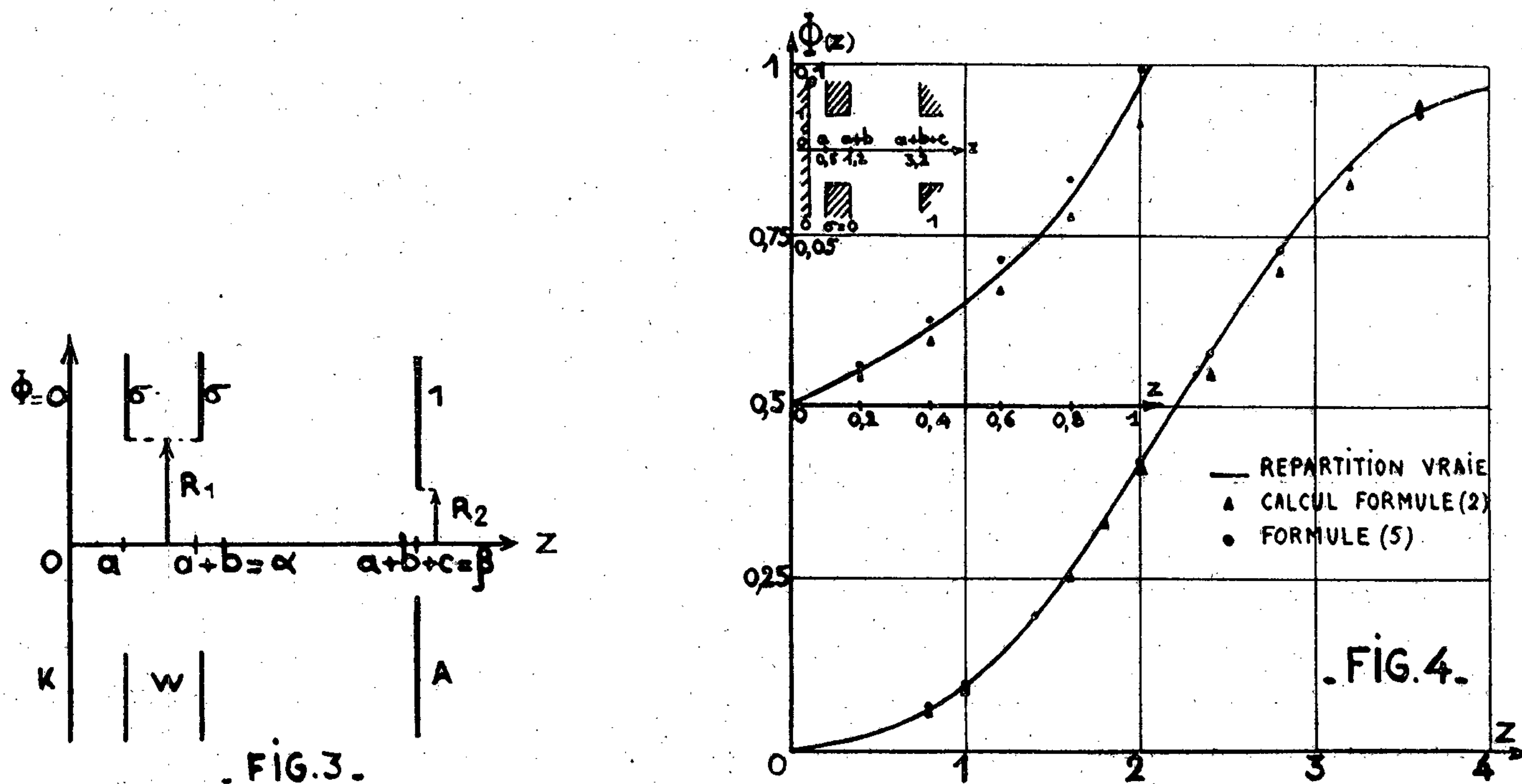
2. La deuxième méthode bien adaptée au cas des trous inégaux, perd un peu de sa précision lorsque les électrodes sont épaisses. Elle consiste à représenter ([2]) le potentiel $\Phi(z, r)$ comme une combinaison linéaire des

([1]) *Comptes rendus*, **228**, 1949, p. 1407.
([2]) Bertein, *Comptes rendus*, **234**, 1952, p. 417.

potentiels de chaque électrode considérée seule. L'assimilation est immédiate dans le cas des diaphragmes infiniment minces, et l'on écrit :

$$(4)\qquad \Phi(z) = \sum e_i \varphi_i(z) = \sum \left[-\frac{2}{\pi} e^i (z - z_i) \operatorname{arctg} \frac{z - z_i}{R_i} \right].$$

Les coefficients e_i sont déterminés en écrivant la condition $\Sigma e_i = E_i$, E_i étant le champ uniforme qui règne loin de l'axe dans chacun des espaces interélectrodes [*cf.* (4)], l'existence de la cathode exigeant seulement qu'on tienne



compte des images électriques des diaphragmes réels. On peut tenir compte de l'épaisseur du Wehnelt de plusieurs manières : la plus simple consiste à lui substituer deux diaphragmes minces, de même rayon, portés au même potentiel, matérialisant ses faces extérieures.

On obtient pour l'objectif de la figure 3,

$$(5)\qquad \begin{aligned} \Phi(z) = {} & \frac{\sigma}{\pi a}\left[(z+a) \operatorname{arctg}\frac{z+a}{R_1} - (z-a) \operatorname{arctg}\frac{z-a}{R_1} \right] \\ & + \frac{1-\sigma}{\pi c}\left[(z+\beta) \operatorname{arctg}\frac{z+\beta}{R_2} - (z-\beta) \operatorname{arctg}\frac{z-\beta}{R_2} \right. \\ & \left. - (z+\alpha) \operatorname{arctg}\frac{z-\alpha}{R_1} + (z-\alpha) \operatorname{arctg}\frac{z+\alpha}{R_2} \right], \end{aligned}$$

$$(6)\qquad \begin{aligned} E_0 = {} & \frac{2\sigma}{\pi a}\left[\frac{\dfrac{a}{R_1}}{1+\left(\dfrac{a}{R_1}\right)^2} + \operatorname{arctg}\frac{a}{R_1} \right] \\ & + \frac{2(1-\sigma)}{\pi c}\left[\frac{\dfrac{\beta}{R_2}}{1+\left(\dfrac{\beta}{R_2}\right)^2} - \frac{\dfrac{\alpha}{R_1}}{1+\left(\dfrac{\alpha}{R_1}\right)^2} + \operatorname{arctg}\frac{\beta}{R_2} - \operatorname{arctg}\frac{\alpha}{R_1} \right]. \end{aligned}$$

La figure 4 représente un exemple concret de résultats numériques obtenus par ces deux méthodes.

SPECTROSCOPIE INFRAROUGE. — *Vibration de valence* C=O *et constante de Hammett dans une série de benzophénones.* Note (*) de

Mlle **Marie-Louise Josien**, MM. **Nelson Fuson** et **Donald E. Pearson**, présentée par M. Paul Pascal.

Au cours de ces dernières années, des recherches se sont multipliées en vue d'étudier théoriquement et expérimentalement, par spectroscopie infrarouge, l'influence de la structure moléculaire sur la vibration de valence C=O dans les quinones et les cétones (1), (2). Pour les acétophénones en particulier, Soloway et Friess (3) ont cherché sans succès à établir l'existence d'une relation linéaire entre les fréquences C=O de ces cétones, fréquences mesurées à l'état solide, et les constantes de Hammett (4) correspondantes.

Des études antérieures (1) ont montré que l'état solide ne convient pas pour l'étude de petites variations de fréquences; seuls l'état gazeux et l'état dissous très dilué dans des solvants non polaires permettent d'éliminer les perturbations relativement importantes causées par les forces intermoléculaires. C'est pourquoi, ayant à notre disposition une série de benzophénones substituées dont le potentiel de réduction a été récemment mesuré avec précision par polarographie (5), nous avons entrepris l'étude de leur vibration de valence C=O.

Les résultats sont donnés dans les deux graphiques suivants. Les conditions expérimentales ont été détaillées précédemment (1); les substances ont été dissoutes dans le tétrachlorure de carbone; la précision est de ± 1 ou 2 cm^{-1}.

Il ressort nettement de l'examen des figures ci-contre que les fréquences C=O, si l'on excepte le cas de la 4-aminobenzophénone dans le graphique 1, sont, en première approximation, proportionnelles d'une part aux potentiels de réduction et d'autre part aux constantes σ de Hammett. En ce qui concerne le potentiel de réduction, la fonction linéaire

(*) Séance du 10 novembre 1952.

(1) Josien et Fuson, *Bull. Soc. Fr.* 19, 1952, p. 389 (Avec bibliographie antérieure détaillée.)

(2) Josien, Fuson, Lebas et Gregory, *J. Chem. Phys.*, 21, 1953 (sous presse).

(3) *J. Amer. Chem. Soc.*, 73, 1951, p. 5000.

(4) Branch et Calvin, *The theory of organic chemistry*, Prentice Hall, New-York, 1941, p. 184.

(5) Brockmann et Pearson, *J. Amer. Chem. Soc.*, 74, 1952, p. 4128.

ainsi trouvée étend aux benzophénones un résultat observé déjà pour des quinones substituées ([1]), ([2]). Quant aux constantes de Hammett, c'est la

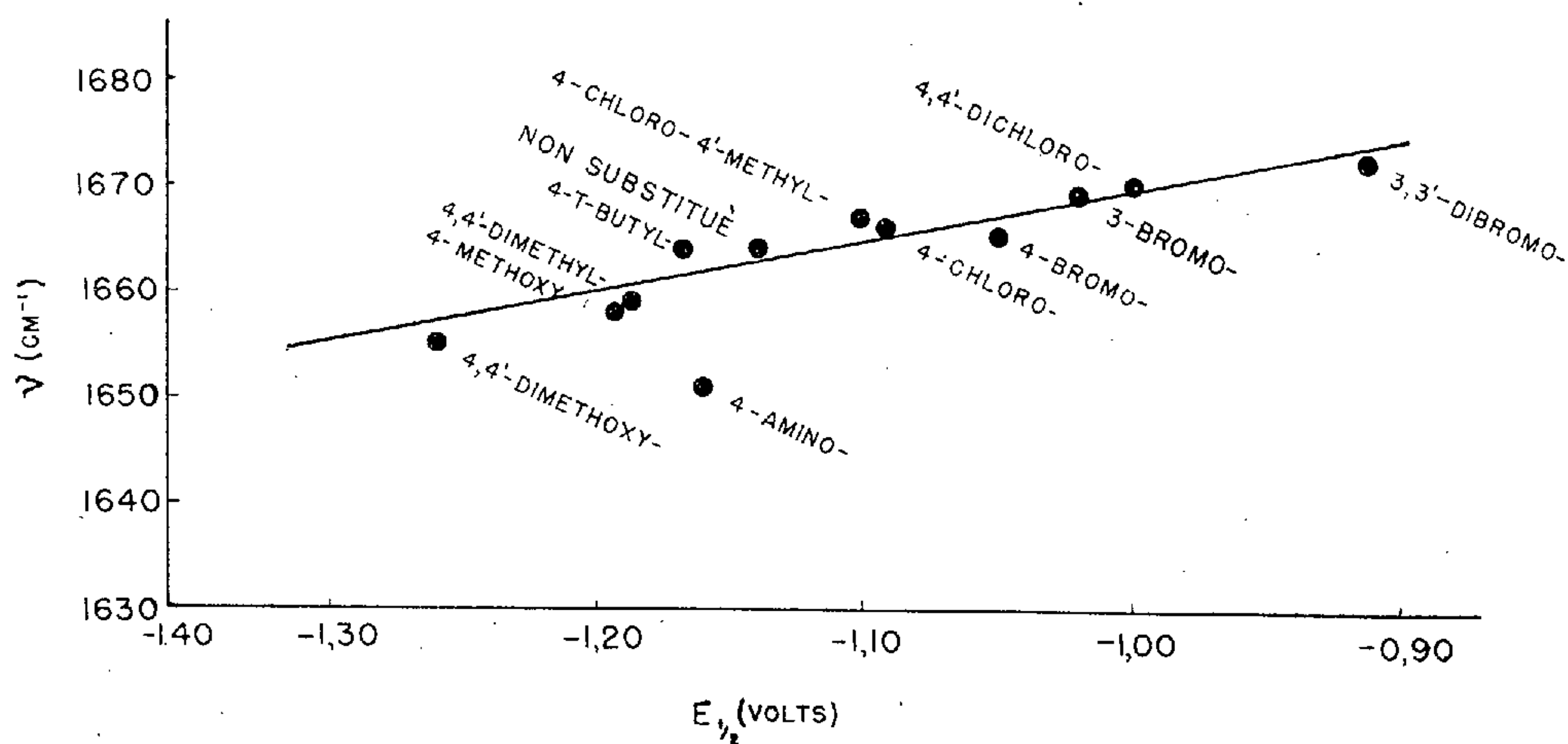


Fig. 1.

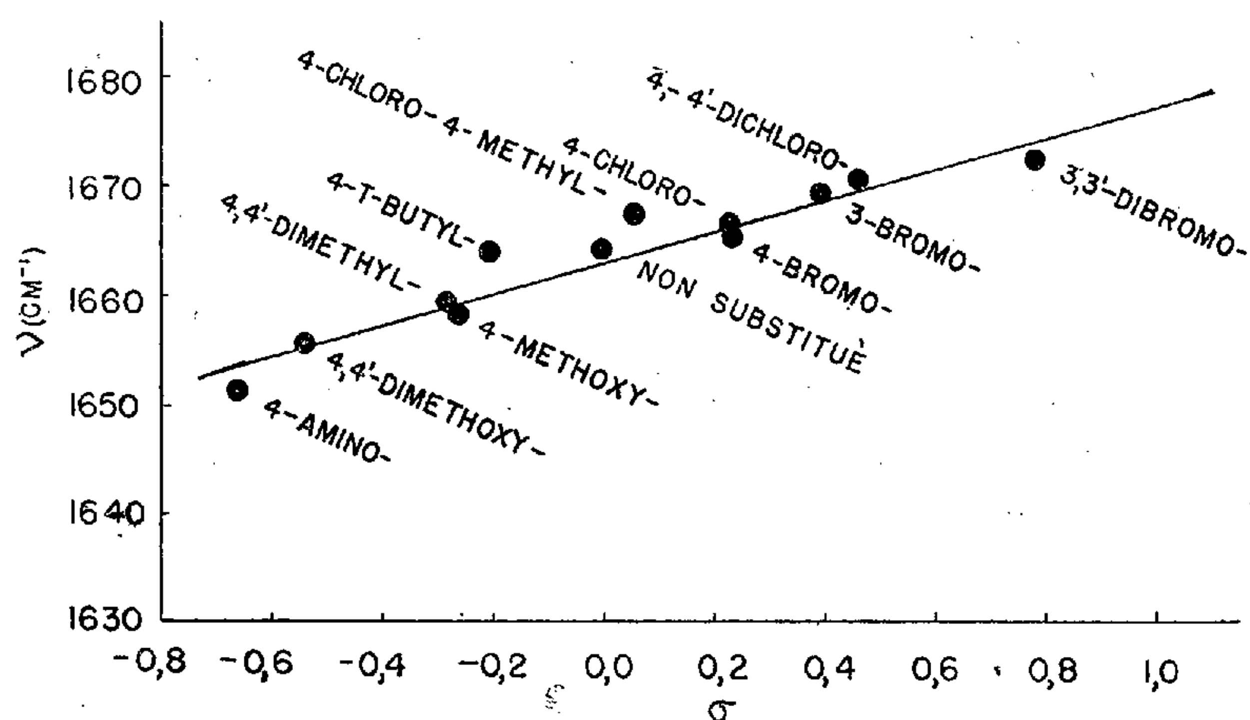


Fig. 2.

première fois, croyons-nous, qu'une relation est établie entre elles et la spectroscopie.

MICROSCOPIE APPLIQUÉE. — *Procédé automatique d'analyse granulométrique.* Note de MM. **Léon Le Bouffant** et **Jean-Louis Soulé**, présentée par M. Albert Policard.

On décrit un procédé automatique d'analyse granulométrique, utilisé pour des particules microscopiques. Ce procédé, opérant par balayage d'une image photographique au moyen d'un pinceau lumineux, permet une classification précise des objets en fonction de leur surface.

1. Le balayage par un pinceau lumineux permet d'effectuer automati-

quement le dénombrement et la granulométrie d'objets dispersés (cellules sanguines, poussières, étoiles, etc.).

Il existe plusieurs méthodes opérant directement sur les objets [1], [2], [3]. Au Centre d'Études et de Recherches des Charbonnages de France, dans le but d'étudier spécialement les poussières de mines où les particules les plus fines doivent retenir l'attention, nous avons mis au point une méthode nouvelle étudiée en fonction des trois sortes d'érreurs impliquées dans le principe du balayage, à savoir : le morcellement (balayage d'une particule en plusieurs passages), la confusion (enregistrement simultané de plusieurs particules), le déclassement (mesure erronée de la dimension).

2. Le classement des particules est fait par évaluation vraie de leur surface. Le balayage, réalisé par un pinceau lumineux plat, est fait sur une photomicrographie où les images des particules se détachent en transparence sur fond noir.

Le contour de chaque particule balayée module la largeur du faisceau transmis. Les fluctuations d'intensité lumineuse sont enregistrées par une cellule photoélectrique dont le courant alimente un circuit d'intégration. La tension aux bornes du condensateur commande des circuits numérateurs réglés à des seuils différents. Le classement s'opère donc en fonction de la charge maximum Q_m atteinte pendant le balayage de la particule. La charge du condensateur est annulée automatiquement après le balayage de chaque particule.

3. La charge du condensateur au cours du balayage d'une particule est régie par la loi

$$Q(x) = \int_0^x ky(u)\, e^{-\frac{u}{L}} du,$$

où k, L sont des constantes de l'appareil; x, l'abscisse du pinceau lumineux; y, la largeur de la particule en fonction de la variable u.

On en déduit que lorsque la longueur de la particule est suffisamment faible devant L, on a sensiblement $Q_m = KS$.

Pour les plus grosses particules, cette relation devient moins rigoureuse : Q_m dépend en partie de la forme et de l'orientation et peut fluctuer autour d'une valeur moyenne $KS[1-(P\sqrt{S})/L]$, P étant un coefficient de forme.

Il est tenu compte automatiquement de cette relation dans le réglage des seuils.

4. Les erreurs de « déclassement » sont notablement diminuées par rapport aux méthodes de granulométrie par la longueur, pour les raisons suivantes :

---

(1) W. H. Walton, *Nature*, 169, 1952, p. 518.

(2) F. Roberts et J. Z. Young, *Nature*, 169, 1952, p. 963.

(3) C. Lagercrantz, *Acta Physiologica Scandinavica*, 26, suppl. 93, 1952.

la différenciation est plus accusée (elle joue comme le carré de la longueur), l'orientation des particules n'intervient plus. Les mesures des petites surfaces sont particulièrement exactes.

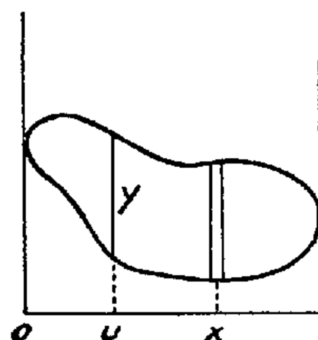


Fig. 1.

Les erreurs de « confusion » dans le sens du balayage sont supprimées par l'utilisation du pinceau plat, ce qui permet de travailler sur des densités de répartition assez élevées.

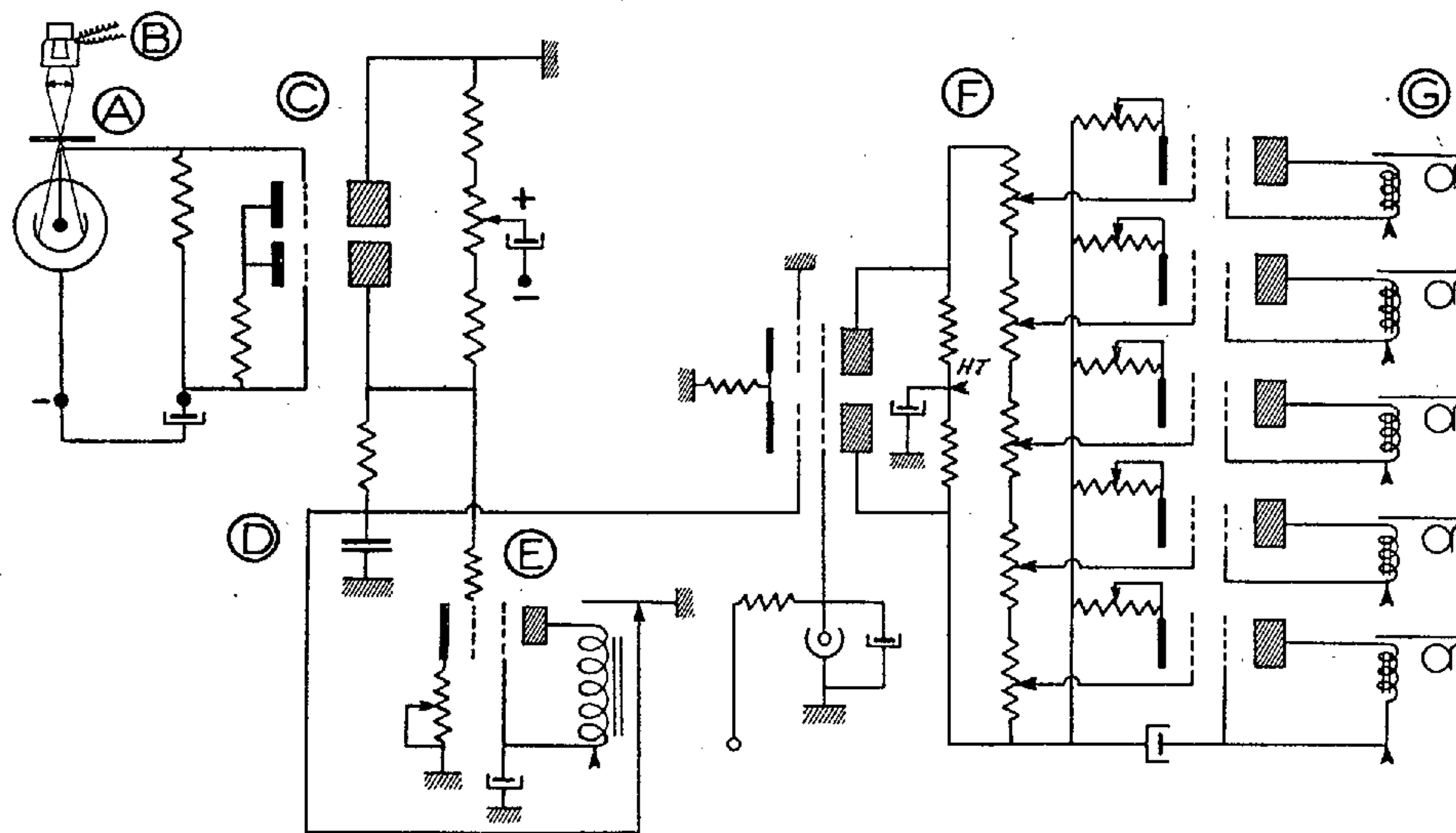


Fig. 2.

La largeur du pinceau conditionne simultanément les erreurs de confusion transversales et les erreurs de morcellement, qui sont antagonistes. Un calcul de probabilités montre que la compensation est la meilleure pour une largeur située vers $1/\sqrt{d}$ (d étant la densité de répartition). Les erreurs relatives, conditionnées alors par la fraction F de la surface totale du cliché occupée par les particules, sont de la forme $A\sqrt{F}$.

5. Un schéma de l'appareil utilisé est représenté sur la figure 2.

L'analyse est faite sur une photomicrographie bien contrastée (A), obtenue au microscope optique ou électronique. La source lumineuse (B) est une lampe à filament rectiligne à fenêtre plane. Le courant de cellule est amplifié par une double triode (C) pour la charge du condensateur (D) et pour la commande du dispositif électronique de décharge (E). La tension aux bornes du condensateur est appliquée aux grilles d'une série de tubes électroniques (F) commandant des compteurs numériques (G). Le montage actuel à cinq compteurs enregistre le nombre d'images de surfaces respectivement supérieures à 0,03, 0,2, 0,8, 3 et 7,2 mm^2 correspondant, au grossissement 1000, à des diamètres équivalents pour les particules de 0,2, 0,5, 1, 2 et 3 μ. Le circuit intégrateur fonctionne avec la constante $L = 12$ mm.

CINÉMATOGRAPHIE SCIENTIFIQUE. — *Dispositif optique pour la réception des images cinématographiques à haute fréquence*. Note de M. **Lucien Bull**, présentée par M. Joseph Pérès.

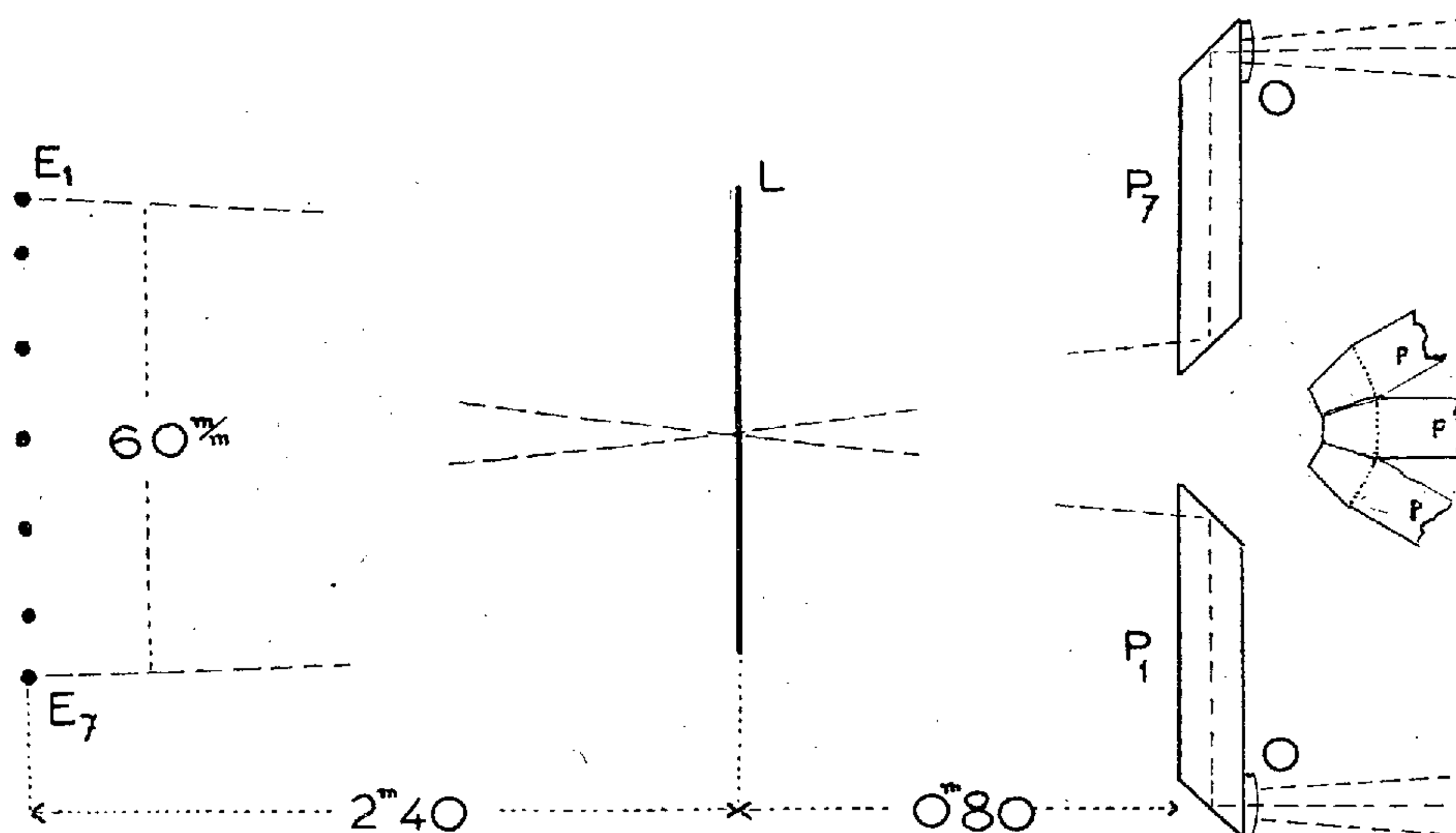
Les hautes fréquences en cinématographie sont obtenues par l'éclairement du champ photographique au moyen d'une série d'étincelles électriques qui se suivent à des intervalles de temps extrêmement brefs. De nombreux procédés sont utilisés dans ce but, tant pour la production d'une telle série d'étincelles que pour la réception sur film des images photographiques. La fréquence de celles-ci est limitée, d'une part par le nombre d'étincelles qu'il est possible de produire par seconde dans un éclateur unique et, d'autre part, par la difficulté de déplacer avec assez de vitesse le film qui doit recevoir les images.

Les fréquences les plus élevées, pouvant atteindre et même dépasser 10^6 images par seconde, exigent l'emploi d'un éclateur séparé pour chaque étincelle. Cette complication indispensable évite d'un autre côté la nécessité de déplacer le film car les images étant projetées suivant des axes différents peuvent être reçues séparément sur une surface sensible fixe.

Le nombre total d'images pouvant être recueillies ainsi est forcément assez réduit, on dépasse difficilement une douzaine, par suite de l'encombrement inévitable des différents éléments de l'installation; ce nombre suffit toutefois pour l'analyse des mouvements les plus rapides. Plus graves sont les erreurs de parallaxe dues à l'angle que font entre eux les différents axes optiques. Nous exposons ici un dispositif optique pour la prise de 12 images qui permet, en même temps, de réduire considérablement l'importance de ces erreurs.

12 éclateurs $E_1 E_7$ (*voir* schéma), sont disposés régulièrement à la circonférence d'un cercle et situés à une distance de 2,40 m de la lentille L qui constitue le champ photographique. De l'autre côté de la lentille, à 80 cm,

se trouve un groupe de 12 petits prismes à double réflexion totale, $P_1 P_7$, régulièrement orientés suivant les rayons d'un cercle. Sur l'extrémité centrale de chaque prisme, la lentille L projette l'image nette d'une des étincelles. Les rayons lumineux après leur deuxième réflexion à l'intérieur



du prisme, traversent en sortant de celui-ci une petite lentille plan-convexe O qui constitue l'un des 12 objectifs donnant chacun sur la plaque photographique une image nette de la lentille de champ L devant laquelle se déroule le phénomène à étudier.

Ce dispositif permet de séparer et de grouper en cercle sur une plaque 13 × 18, 12 images de 25 mm de diamètre avec un angle entre les axes optiques extrêmes inférieur à 2°.

CHALEUR. — *Sur quelques détails de montage du four solaire semi-industriel de Montlouis.* Note de M. **Félix Trombe**, présentée par M. Paul Lebeau.

Nous avons donné précédemment [1] une description schématique du four solaire de 75 kW installé à Montlouis (Pyrénées-Orientales). Rappelons qu'il comporte (*fig.* 1, *à droite*) un orienteur plan de 125 m² et (*à gauche*) un paraboloïde de 90 m². Le but de la présente Note est d'apporter des précisions sur ce dernier appareil. Sa surface réfléchissante est composée de 3 500 glaces de 1,5 mm d'épaisseur, courbées et, en même temps, réglées en position par des guidages latéraux et des dispositifs de poussée avant et arrière. On voit, sur la figure 2, les cinq couronnes coaxiales du para-

---

[1] *Comptes rendus*, 235, 1952, p. 704.

boloïde et, sur la figure 3, un des plans-supports servant à la construction de ces couronnes et portant lui-même 24 glaces élémentaires.

L'appareil étant de révolution, chaque plan-support d'une même couronne

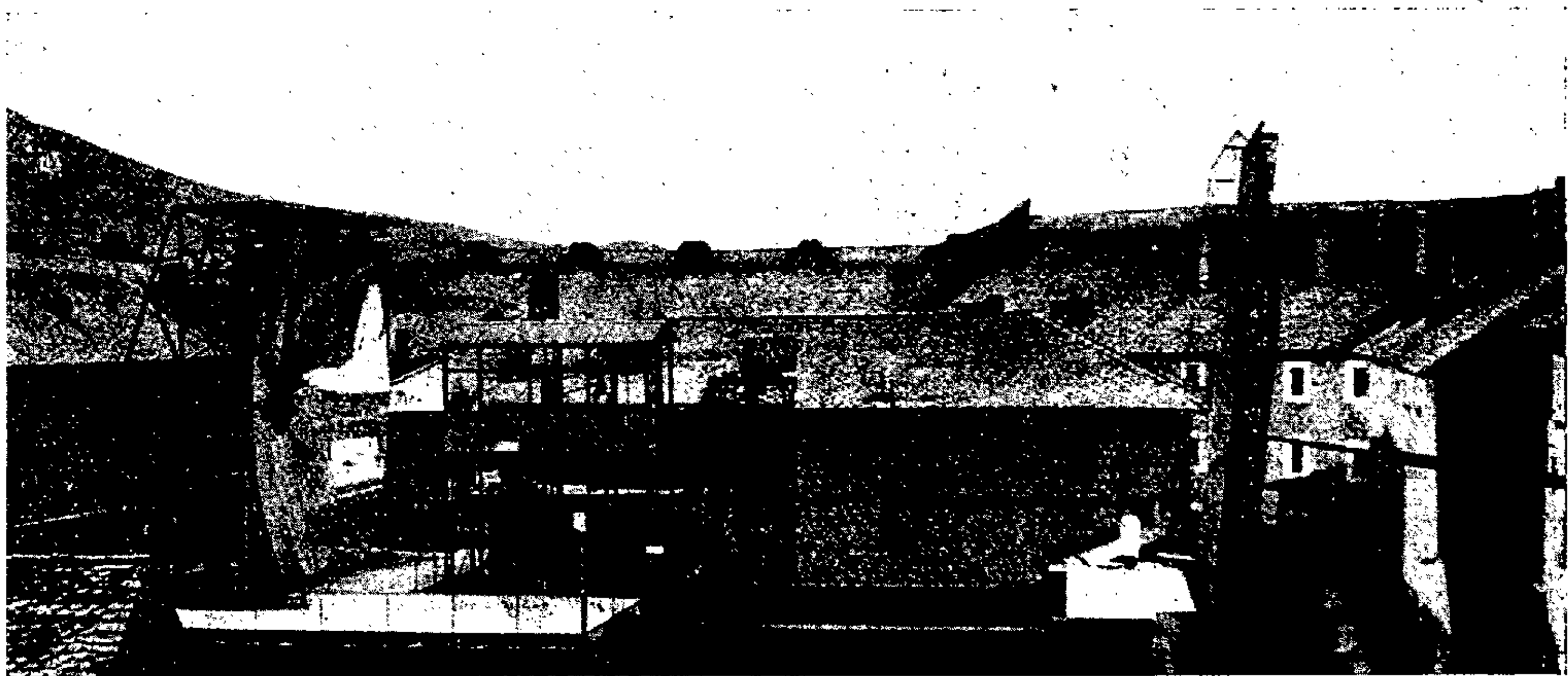


Fig. 1.

occupe, à une rotation près par rapport à l'axe du paraboloïde, la même position; il en est de même pour les glaces qu'il soutient. Il ne sera donc pas nécessaire de faire le réglage des glaces élémentaires sur l'appareil

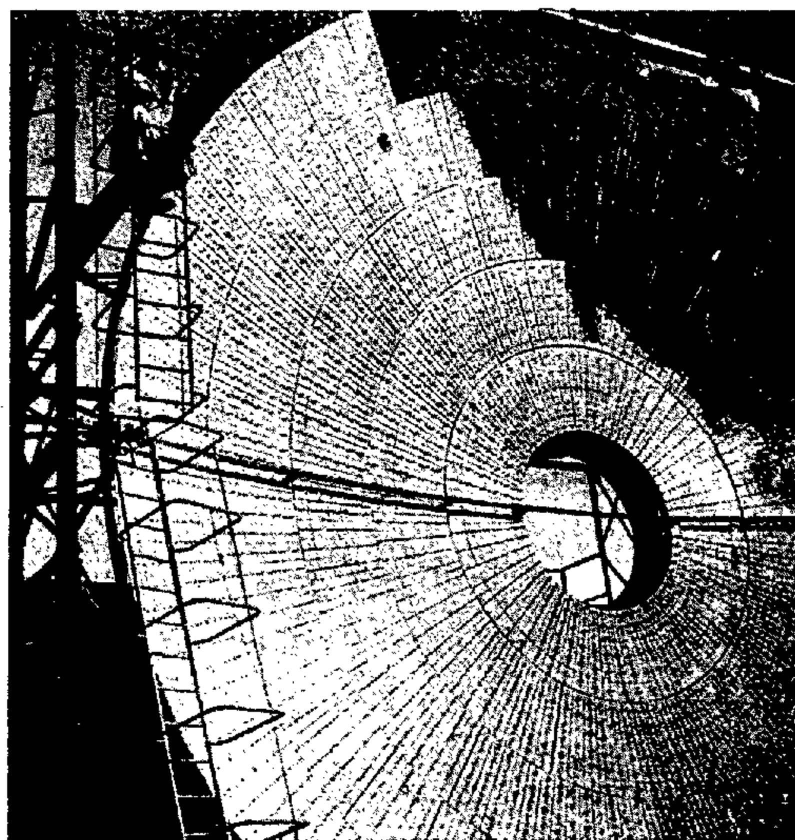


Fig. 2.

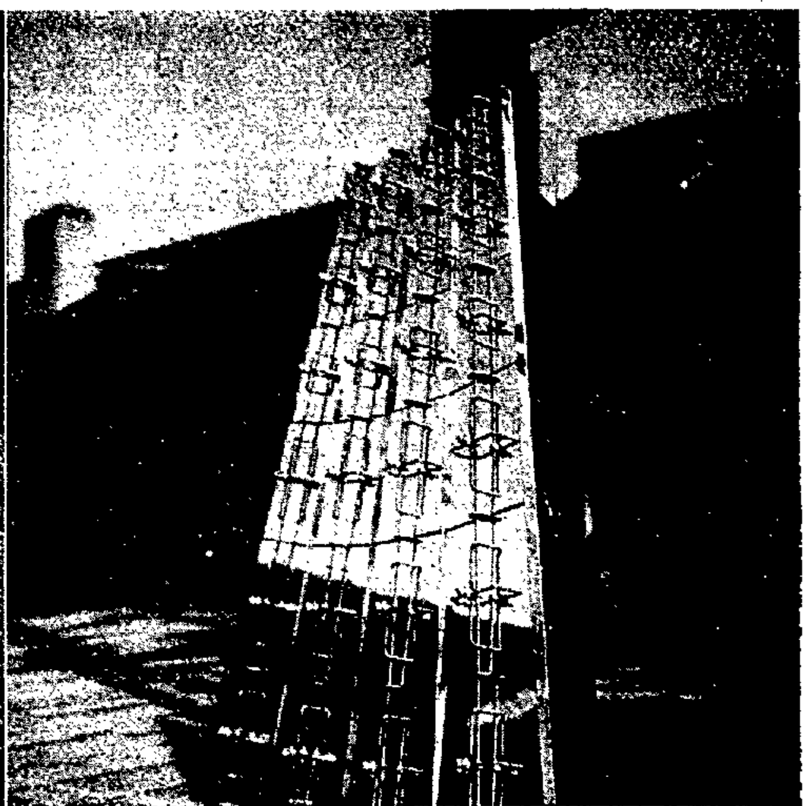


Fig. 3.

lui-même, ce qui serait extrêmement laborieux, mais sur un secteur du paraboloïde, matérialisé au laboratoire et comportant uniquement les supports d'une plaque de chaque couronne.

L'éclairage des plaques étant réalisé par un rayonnement « solaire » artificiel, convenablement orienté, on peut, par la disposition d'écrans, éclairer seulement une glace élémentaire. Celle-ci est courbée et réglée, à l'aide de vis de poussée, par observation directe de la tache lumineuse qu'elle donne sur un écran placé au « foyer ». Chaque « image » doit finalement occuper la même place et être contenue, autant que possible, dans un cercle de dimensions déterminées dont le centre est situé sur l'axe du paraboloïde.

L'appareil de Montlouis est un des plus petits modèles que l'on puisse construire suivant les principes précédents. Sa courte distance focale (6 m) oblige déjà, en effet, en raison des courbures imposées, à employer des miroirs d'assez faible épaisseur (1,5 mm) qui ne sont pas de la véritable glace, mais du verre à vitres argenté, de qualité optique très inférieure. Les aberrations sont, dans ce cas, importantes et il n'a pas toujours été possible de les résoudre par réglage. Un tel inconvénient ne se présenterait pas pour de grands appareils à courbure générale plus faible, car leur surface réfléchissante pourrait être constituée de glaces plus épaisses ayant subi un poli optique. Leur nombre, imposé par des considérations de résistance mécanique et de prix de revient, serait plus élevé que dans l'appareil de Montlouis. Ainsi, l'extrapolation de l'installation actuelle conduirait avec certitude, non seulement à un gain en énergie, mais à un gain en température, les glaces utilisées étant meilleures et leur nombre plus élevé.

CHIMIE PHYSIQUE. — *Étude par diffraction électronique de l'évolution de films minces d'antimoine, arsenic, bismuth, obtenus par vaporisation thermique dans le corps même du diffracteur.* Note de M. **Pierre Conjeaud**, présentée par M. Louis de Broglie.

Les films minces d'antimoine, primitivement amorphes, évoluent lentement à la température ambiante et rapidement sous l'influence du faisceau électronique, vers une structure cristalline orientée. Les films d'arsenic restent amorphes, ceux de bismuth présentent immédiatement une structure cristalline.

J. A. Prins (1), étudiant par diffraction d'électrons, les films minces obtenus en déposant par évaporation thermique dans un vide élevé une mince couche d'antimoine sur un support de nitrocellulose, a observé que ces films présentaient initialement une structure amorphe et que certains d'entre eux évoluaient vers une structure cristalline, l'axe ternaire du réseau rhomboédrique s'orientant perpendiculairement à la surface du support.

(1) *Nature*, 1933, p. 131-760.

Nous avons repris ces expériences en effectuant la vaporisation *dans l'enceinte même du diffracteur*. On évite ainsi les modifications que la préparation est susceptible de subir lors du transfert de la cloche à pulvérisation au diffracteur, et l'on peut suivre éventuellement l'évolution de l'échantillon immédiatement après la pulvérisation.

Ces travaux ont été effectués avec le diffracteur électronique de J. J. Trillat, convenablement modifié pour permettre la vaporisation thermique *in situ*.

1. Examinées immédiatement après condensation de l'antimoine sur son support de collodion, les préparations présentent uniformément un diagramme de halos diffus, caractéristiques de l'état amorphe. A la température ambiante, la transformation complète de l'échantillon en un film microcristallin nécessite plusieurs semaines.

Par contre, si on laisse agir le faisceau d'électrons au même point de la préparation, on observe, au bout d'un temps variant de quelques secondes à quelques minutes, l'apparition progressive du diagramme de diffraction caractéristique de l'antimoine cristallisé. Le phénomène est *uniquement localisé* au point d'impact du faisceau et peut être répété en chaque point de la préparation.

La majorité des diagrammes obtenus, après évolution lente à la température ambiante ou évolution rapide sous l'influence du faisceau électronique, correspondent à une orientation plus ou moins intense, l'axe ternaire du rhomboèdre élémentaire se disposant toujours perpendiculairement au plan du support.

2. Nous avons étudié également des films minces d'arsenic et de bismuth obtenus dans les mêmes conditions; ces deux éléments se situent dans la même colonne de la classification périodique que l'antimoine et présentent, avec lui, de grandes ressemblances cristallographiques et chimiques.

L'arsenic fraîchement condensé fournit des diagrammes de halos analogues à ceux de l'antimoine. Mais, en aucun cas, par vieillissement à la température ambiante ou par action du faisceau électronique, nous n'avons pu obtenir de diagrammes caractéristiques d'une structure cristallisée. Avec le bismuth, au contraire, nous n'avons jamais pu saisir de passage, si fugitif soit-il, par la phase amorphe; dès condensation sur le support, on observe immédiatement les diagrammes caractéristiques du bismuth cristallisé, généralement orientés avec l'axe ternaire normal au plan du support.

Les précautions que nous avons prises permettent d'affirmer que les anneaux diffus, déjà observés par Prins sur les films d'antimoine, sont bien, ainsi que l'affirme cet auteur, dus à l'antimoine qui se condense sur le support dans un état amorphe. Il paraît vraisemblable que, dans un tel film, voisin de l'état liquide, les atomes sont doués d'une certaine mobilité

qui leur permet de se réarranger en état cristallisé plus stable; ce réarrangement pourrait se faire lentement à la température ambiante (bien que nous n'ayons pas rencontré d'évolutions aussi rapides que celles signalées par Prins), soit, comme nous l'avons montré, plus rapidement sous l'influence du faisceau électronique. Celui-ci produisant localement un certain échauffement, augmenterait ainsi la mobilité des atomes. Dans un article ultérieur (2), Prins signale d'ailleurs avoir obtenu, en chauffant la préparation entre 120 et 150° C, la transformation immédiate de l'antimoine amorphe en antimoine cristallisé.

Il est remarquable de constater que l'évolution, sous l'action du faisceau électronique, de la triade As-Sb-Bi suit l'ordre de la classification périodique et des points de fusion : l'arsenic (fusion instantanée à 1200°) reste à l'état amorphe; l'antimoine (F 630°) passe progressivement de l'état amorphe à l'état cristallisé; le bismuth (F 270°) apparaît immédiatement comme cristallisé.

Nous sommes ainsi amenés à envisager l'hypothèse selon laquelle les vapeurs de ces trois éléments, obtenues par vaporisation thermique, se condenseraient sur le support en un film primitivement amorphe. Seule, une mobilité suffisante des atomes (vraisemblablement liée au point de fusion de l'élément) leur permettrait ultérieurement, spontanément ou sous l'action d'un échauffement, de s'organiser à l'état cristallin.

L'antimoine ne serait alors qu'un cas particulièrement favorable; l'échauffement produit par le faisceau est suffisant pour permettre une organisation assez rapide du réseau cristallin, sans conférer toutefois aux atomes une mobilité telle que cet arrangement se fasse trop rapidement pour échapper à l'observation. Les détails et calculs relatifs à ces expériences seront publiés dans un autre Recueil.

CHIMIE PHYSIQUE. — *Entraînement du sodium dans la cristallisation du nitrate de potassium suivi à l'aide du radiosodium comme indicateur.* Note (*) de M. **Jules Pauly**, présentée par M. Frédéric Joliot.

La distribution du sodium à l'intérieur des cristaux de NO_3K obtenus par voie aqueuse est homogène, et la masse d'impureté fixée varie proportionnellement à la concentration du NO_3Na dans la solution. Cet entraînement est plus fort que celui de Sr^{++} et de Ce^{+++}.

Nous avons montré précédemment que NO_3K au cours de sa cristallisation en présence de $(NO_3)_2Sr$ et $(NO_3)_3Ce$ fixe une faible proportion de ces

(2) J. A. Prins, *Nature*, 1935, p. 136-299.

(*) Séance du 3 novembre 1952.

impuretés suivant la loi ([1])

$$e = kR, \quad \text{avec} \quad k_{(NO_3)_2Sr} = 1{,}0.10^{-3} \quad \text{et} \quad k_{(NO_3)_2Ce} = 0{,}5.10^{-3}.$$

Dans ce travail nous avons étudié l'entraînement de Na^+ monovalent comme le potassium. La différence de rayons ioniques des deux cations est importante (Na^+ : 0,95 Å, K^+ : 1,33 Å) et les deux nitrates appartiennent à des systèmes cristallins différents. Cependant J.-W. Retgers ([2]) a montré que pour des fortes concentrations en NO_3Na, NO_3K donne des cristaux mixtes contenant jusqu'à 0,5 % de NO_3Na.

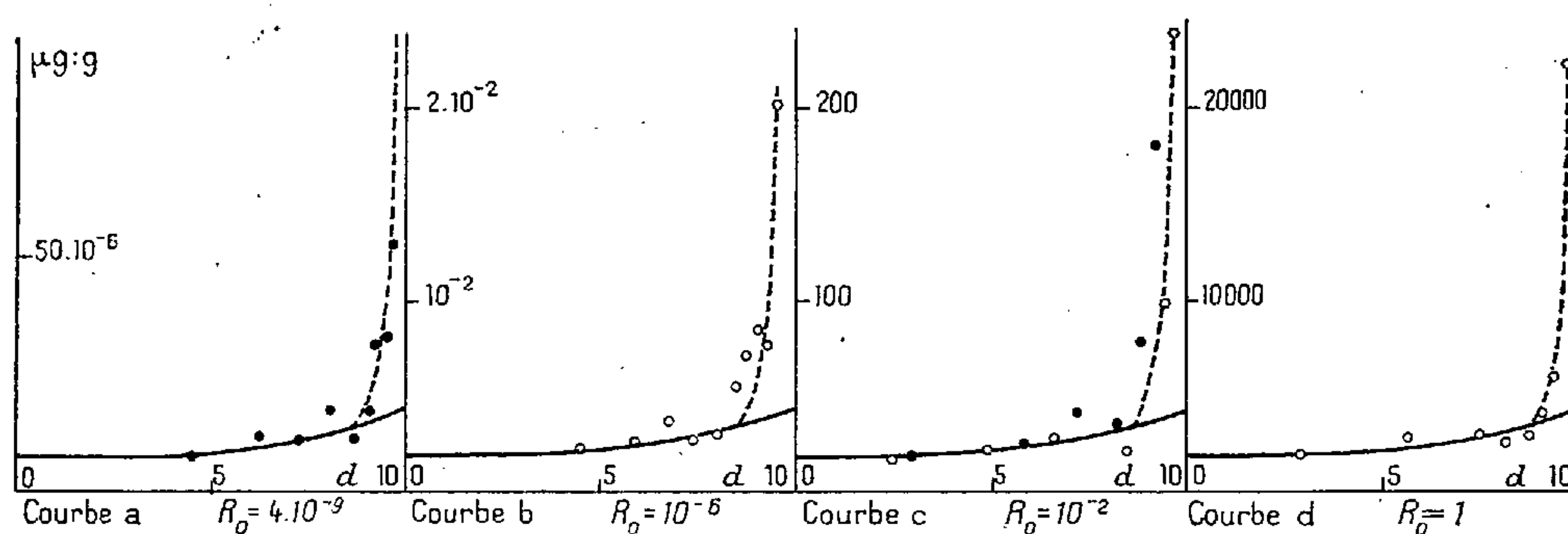


Fig. 1. — Distribution spatiale de NO_3Na.

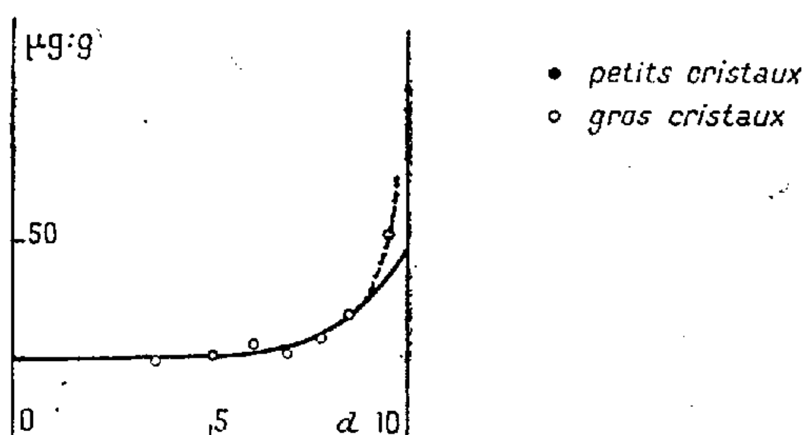


Fig. 2. — Répartition de NO_3Na dans des gros cristaux lavés avec une solution saturée de NO_3K

$$\left(\text{en trait plein la courbe } e = \frac{2{,}1}{1 - \dfrac{M}{a}\left(\dfrac{d}{10}\right)^3}\right).$$

Pour les faibles concentrations en NO_3Na nous employons ^{22}Na comme indicateur radioactif. Cet isotope est produit au cyclotron par la réaction $^{24}Mg(d, \alpha)^{22}Na$. La cible est mise en solution et le magnésium en excès est éliminé par précipitation et filtration du CO_3Mg selon Schaffgott. L'isotope ^{22}Na isolé et transformé en nitrate est additionné de NO_3Na inactif comme

([1]) *Comptes rendus*, **232**, 1951, p. 2203; **235**, 1952, p. 40; le coefficient

$$R = \frac{\text{masse impureté}}{\text{masse } NO_3K}.$$

([2]) *Z. Phys. Chem.*, **4**, 1889, p. 618.

entraîneur, puis il est introduit dans une solution de NO_3K que l'on fait cristalliser.

Les cristaux obtenus sont dissous par couches successives, et la distribution des traces de Na^+ est déterminée (*fig.* 1, *a* et *b*). Comme pour Sr^{++} et Ce^{+++} les courbes montrent que la teneur en impureté est constante dans la zone centrale, mais qu'elle augmente considérablement vers la périphérie. Cet effet peut s'expliquer par l'adsorption superficielle et l'occlusion d'eau-mère entre les cristaux.

Pour les fortes concentrations en sodium nous avons utilisé le ^{24}Na que l'on a pu préparer avec une activité élevée en irradiant NO_3Na aux neutrons lents à la pile atomique de Châtillon. Les courbes (*fig.* 1, *c*, *d*) ont la même allure que celles qui ont été obtenues précédemment. Dans tout le domaine des concentrations étudiées, l'entraînement à l'intérieur des cristaux est proportionnel au rapport R_0 de la solution.

Une valeur précise de k_{NO_3Na} a été déterminée ensuite. Pour cela des gros cristaux sont lavés à plusieurs reprises avec une solution saturée de NO_3K afin d'enlever la couche périphérique perturbée par l'occlusion d'eau-mère. Ils sont ensuite dissous par couches successives dans l'acétone aqueuse, et la courbe de répartition est construite (*fig.* 2). Les points expérimentaux suivent bien la loi que nous avons établie précédemment ([3]).

$$e = \frac{k_{NO_3Na} R_0}{1 - \frac{M}{a}\left(\frac{d}{d_0}\right)^3}, \qquad \text{avec} \quad k_{NO_3Na} = 2,1.10^{-3}.$$

En conclusion : l'entraînement de NO_3Na pour NO_3K trouvé égal à $2,1.10^{-3}R_0$ et plus élevé que celui de $(NO_3)_2Sr$: $(1,0.10^{-3}R_0)$ et celui de $(NO_3)_3Ce$: $(0,5.10^{-3}R_0)$.

Il est remarquable que pour ces trois ions dont les charges varient de 1 à 3 l'entraînement dans un même réseau est à peu près du même ordre.

CHIMIE PHYSIQUE. — *Rapports entre la longueur d'onde et l'oxydation de l'iodure de potassium par les ultrasons.* Note (*) de MM. **René-Guy Busnel** et **Daniel Picard**, présentée par M. Maurice Javillier.

L'action oxydante des ultrasons sur l'iodure de potassium en solution a été étudiée en faisant varier, à puissance acoustique égale, la longueur d'onde ultrasonore, entre 192 et 960 kHz. Le rendement de la réaction présente un maximum pour les fréquences de 300 kHz (± 50 kHz). Pour les fréquences plus hautes, le rendement est pratiquement indépendant de la longueur d'onde.

L'étude de l'action oxydante des ultrasons sur l'iodure de potassium a fait

---

(3) *Comptes rendus*, 233, 1951, p. 1599.

(*) Séance du 13 octobre 1952.

l'objet de nombreuses recherches. Cependant, aucune donnée sur le rôle de la longueur d'onde, appliquée avec une puissance égale à une solution d'IK, n'a été encore précisée; c'est ce travail que nous avons entrepris pour la gamme de fréquences 192-960 kHz.

Méthode. — Les dosages ont porté sur 100 cm³ d'une solution d'IK à 5 %, acidifiée par 4 cm³ de SO_4H_2 à 50 %. Le titrage de l'iode libéré était effectué à la microburette avec l'hyposulfite *n*/10 ou *n*/100 en présence de 1 cm³ d'empois d'amidon à 1 %.

Le vase renfermant la solution à soumettre à l'action des ultrasons est une cloche en verre pyrex, cylindrique, de 65 mm de diamètre, dont la face soumise aux vibrations est constituée par une membrane de cellophane imperméable de 2,5/100e de millimètre d'épaisseur. La hauteur de la solution est de 35 mm. Le vase porte à sa partie supérieure un orifice de 15 mm de diamètre et la hauteur de la colonne d'air surmontant le liquide à soumettre à l'action des ultrasons est de 165 mm. Le vase est posé sur un socle qui maintient sa face inférieure à 35 mm de la surface du quartz. Le vase est plongé dans la cuve ultrasonore, remplie d'eau circulante dont la température était de 18° C (± 4°C). La hauteur d'eau autour du vase était de 150 mm au-dessus du quartz, arrivant ainsi à une hauteur de 80 mm de la surface libre du liquide à traiter.

Les disques de quartz piézoélectrique ont un diamètre de 60 mm. Le générateur ultrasonore donne une puissance haute-fréquence maxima de 2 kW, et permet d'émettre avec des puissances variables sur les fréquences : 192, 240, 320, 412, 612, 640, 720 et 960 kHz., fréquences contrôlées pour chaque quartz utilisé par la méthode de battements avec un générateur H. F. et un oscillographe.

L'énergie H. F. véhiculée par un câble nu est contrôlée par un voltmètre électrostatique et un milliampèremètre H. F. placé à la sortie du projecteur. Le projecteur est un vase émettant en ondes stationnaires. La puissance acoustique a été mesurée par la méthode calorimétrique, en fonction de l'intensité H. F., pour chaque fréquence particulière, en appliquant le principe de compensation de Rumfort. Dans toutes les fréquences, on s'est toujours placé au-dessus du seuil de cavitation. Le temps d'irradiation a été de 10 mn pour tous les essais.

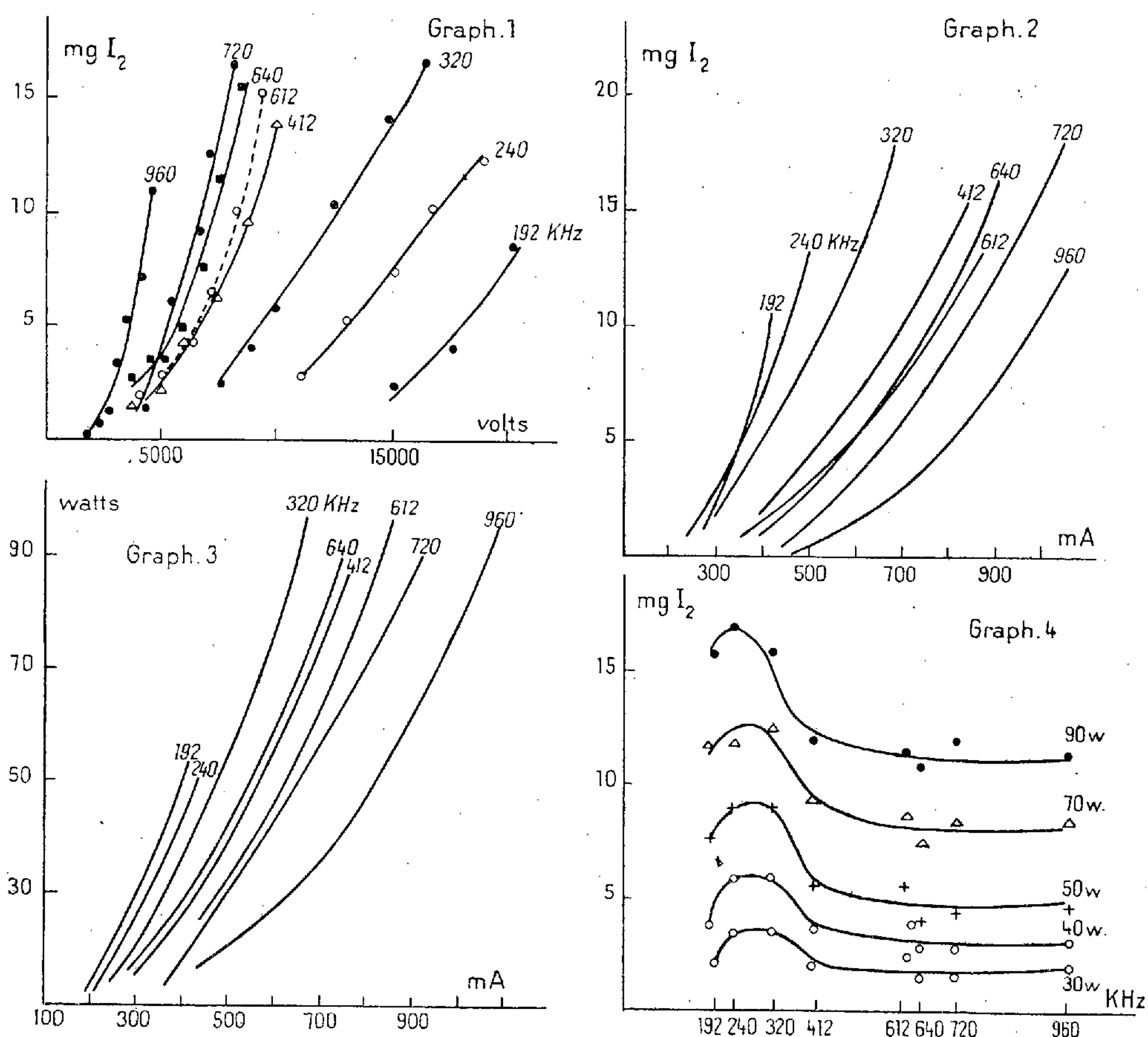
On a vérifié dans ces conditions que les variations de température et de teneur en gaz dissous ne pouvaient intervenir.

Résultats et conclusions. — 1° En rapportant les quantités d'iode dégagé aux diverses fréquences et en fonction de la tension H. F., on obtient une famille de courbes d'allure parabolique (*graph.* 1). Les résultats exprimés sous cette forme font apparaître que le rendement de la réaction varie en raison inverse de la longueur d'onde.

2° Si les résultats sont exprimés en fonction de l'intensité H. F., la famille de courbes s'apparente à celle obtenue en fonction de la tension H. F., et le rendement de la réaction apparaît fonction directe de la longueur d'onde (*graph.* 2).

3° Cette relation reste cependant arbitraire et ne peut être utilisable, car le paramètre intensif H. F. n'est qu'un indice qui relie le phénomène ultrasonore d'oxydation à un phénomène électrique, alors que seule la puissance acoustique effective entre en jeu. En effet, la transformation de l'énergie électrique

en énergie acoustique par le quartz varie selon un coefficient qui est fonction de la fréquence et des qualités propres à chaque cristal. Si l'on assimile l'ensemble projecteur-quartz à une résistance R (représentant la résistance de



rayonnement propre à l'ensemble) on peut lui appliquer la relation : $P = RI^2$ dans laquelle P exprime la puissance acoustique émise, et I l'intensité efficace H. F., ceci n'étant valable que pour une fréquence déterminée. Les courbes de puissance (*graph.* 3) sont donc bien des paraboles.

4° Ainsi, le phénomène ultrasonore n'est exprimé correctement qu'en fonction de la puissance acoustique dissipée effectivement. En utilisant les résultats des deux familles de courbes décrites et en rapportant les quantités d'iode dégagées en fonction de la fréquence pour des puissances comparables, il apparaît que *la longueur d'onde a une influence manifeste sur le rendement de la réaction;* les courbes de rendement (*graph.* 4) montrent en effet, que, pour la bande de fréquences 192-320 kHz, on obtient un seuil maximum des valeurs d'oxydation oscillant autour de 300 kHz (± 50 kHz), puis un aplatissement

de 400 à 1 000 kHz permettant de considérer que dans cette bande, le rendement de la réaction est indépendant de la fréquence.

CHIMIE MINÉRALE. — *Propriétés chimiques des alliages titane-aluminium.* Note de MM. **Jean Cueilleron** et **Claude Pascaud**, présentée par M. Louis Hackspill.

Les alliages à moins de 53 % de titane contiennent le composé $TiAl_3$ qu'il est possible d'isoler et dont on donne quelques propriétés. Les alliages titrant 53 à 65% de titane ne contiennent pas de composé intermétallique; il est possible, par attaque sélective de l'aluminium, d'en extraire du titane pulvérulent.

Nous avons décrit dans une Note précédente (1), la préparation par aluminothermie des alliages titane-aluminium contenant de 15 à 65 % de titane. Depuis lors, W. Gruhl (2) en a publié le diagramme thermique; ses résultats s'accordent avec ceux que nous ont indiqués les propriétés chimiques.

L'analyse de ces alliages est délicate; très peu réactifs, ils sont mis en solution par attaque à l'acide fluorhydrique additionné de 1 à 2 % d'acide sulfurique. La séparation de l'aluminium et du titane est faite par le cupferon (3) qui, à froid et en milieu acide, précipite le titane; le dosage, par les méthodes usuelles, du fer et du silicium (4), montre que ces alliages contiennent 0,1 à 0,2 % de chacun de ces éléments; on évalue, à environ 1 %, la teneur en oxygène en pesant le résidu d'oxyde que laisse un échantillon d'alliage après attaque par le chlore à 800° C.

Le comportement chimique des alliages est très variable avec leur teneur en titane; la limite de 37,28 % correspondant à $TiAl_3$ (5).

Si l'on fait réagir sur un alliage à moins de 37,28 % de titane, des réactifs tels que l'acide chlorhydrique dilué ou la soude aqueuse, l'aluminium se dissout et il reste, dans le milieu réactionnel, des cristaux de $TiAl_3$; ceci n'est vrai que si l'alliage obtenu par aluminothermie a été refroidi très lentement (1); si tel n'est pas le cas, la partie du titane qui n'est pas combinée sous forme de $TiAl_3$ passe également en solution.

Les alliages contenant de 37,28 à environ 53 % de titane réagissent sur les réactifs minéraux de façon telle que le titane passe en solution tandis qu'il reste dans le milieu réactionnel des cristaux de $TiAl_3$. Il est

(1) J. Cueilleron et C. Pascaud, *Comptes rendus*, **233**, 1951, p. 745.

(2) *Metall.*, mars 1952, p. 134.

(3) Sel d'ammonium de la nitrosophénylhydroxylamine.

(4) Charlot et Béziers, *Méthodes modernes d'analyse quantitative minérale*, Masson, Paris, 1945, p. 312.

(5) Manchot et Leber, *Z. anorg. Chem.*, **150**, 1926, p. 29.

donc possible, en première approximation de considérer qu'un alliage à moins de 37,28 % de titane est constitué par des cristaux de $TiAl_3$ dispersés dans de l'aluminium pur et qu'un alliage contenant entre 37,28 et 53 % de titane est constitué par des cristaux de $TiAl_3$ dispersés dans du titane; ceci semble du reste en accord avec le diagramme publié par W. Gruhl (2).

Les alliages contenant de 53 à 65 % de titane sont caractérisés par deux propriétés essentielles :

1° Ils ne contiennent pas de composé intermétallique;

2° Il est possible de procéder au moyen de réactifs convenables, à une élimination sélective de l'aluminium, laissant un résidu de titane. Le chlorure d'aluminium peut réagir sur l'aluminium à 1000° C, sous une pression de 10^{-4} mm de mercure, en l'absence rigoureuse d'humidité, en donnant du monochlorure qui se décompose très facilement en chlorure d'aluminium et aluminium à très haut degré de pureté (6) :



$$AlCl_3 + 2Al_{impur} \rightarrow 3AlCl \rightarrow AlCl_3 + 2Al_{pur}.$$

Cette même réaction effectuée sur des alliages titane-aluminium n'affecte que l'aluminium; elle est délicate à mettre en œuvre.

D'autre part, nous avons étudié systématiquement l'action, sur les alliages titane-aluminium pulvérisés (tamis normalisé n° 100), de solutions aqueuses de soude à des concentrations variées pour des durées d'attaque allant de 1 à 48 h et à la température d'ébullition au reflux. En fin de telles attaques (NaOH à 8 % pendant 8 h, par exemple), on obtient du titane pulvérulent dont les grains sont recouverts d'un film d'oxyde hydraté que l'on peut éliminer par lavage du métal au moyen d'une solution aqueuse sulfurique à 10 % additionnée de 1 % d'acide fluorhydrique. L'introduction dans la solution de soude, d'agents mouillants ou de réducteurs ne modifie ni la réaction, ni les propriétés du titane obtenu : cette poudre retient encore 0,2 à 0,3 % d'oxygène et 1 à 3 % d'aluminium; elle est oxydable et il y a intérêt à la conserver dans un solvant organique inerte.

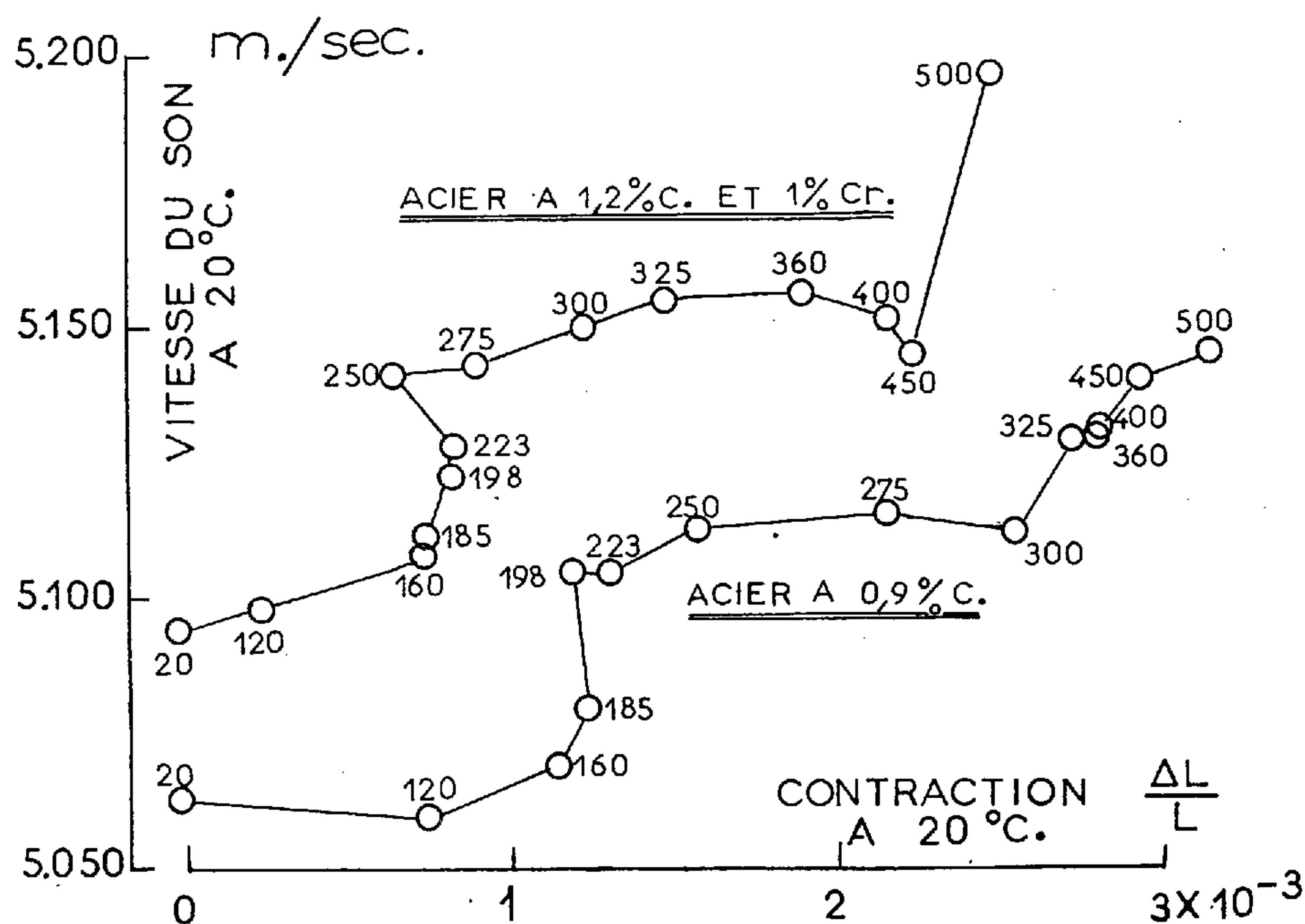
MÉTALLOGRAPHIE. — *Vitesse du son et densité des états de décomposition au chauffage de la martensite des aciers.* Note de MM. **Georges Vidal** et **Pierre Lescop**, présentée par M. Pierre Chevenard.

On sait, que dans un acier à 0,9 % de carbone, le passage de l'état recuit à l'état trempé s'accompagne d'une dilatation physicochimique de 1 % en volume qui équivaut à une dilatation élastique égale à celle que produirait

(6) P. Gross, *Trans. A. I. M. E.*, London, 1949, p. 461.

une tension hydrostatique de l'ordre de 200 kg/mm². Inversement, le passage progressif de l'état trempé à l'état recuit s'accompagne d'une contraction physicochimique qui, si elle était d'origine élastique, devrait d'après les lois générales des solides correspondre à une augmentation du module d'Young. Dans ces conditions, il nous a semblé intéressant de déterminer l'allure de la variation de la vitesse du son en fonction des variations physicochimiques de longueur lors de la décomposition au chauffage de la martensite des aciers.

Un acier à 0,9 % de C et un acier à 1,2 % de C et 1 % de Cr ont été préalablement trempés à l'eau, après un maintien de 30 mn à des températures respectives de 800 et 850° C et partiellement épurés en austénite résiduelle par 6 cycles entre 20 et —180° C; sur ces aciers, on a déterminé



à la température ambiante, au moyen de l'appareillage Florisson [1] et d'un palmer au 1/100 de millimètre, la variation de vitesse du son (à 7/10 000 près) et de contraction relative (à 1/10 000 près) des divers états de décomposition qui résultent de revenus isothermes d'une demi-heure effectués, sur le même échantillon à des températures croissantes et échelonnées.

En reportant les valeurs de la vitesse du son, exprimée en mètres par seconde, en fonction de la contraction relative et en indexant chaque

---

[1] Communication du 2 février 1938 à la *Société française des Mécaniciens*.

point représentatif de la température correspondante de revenu, on obtient des diagrammes caractéristiques qui sont reproduits sur la figure ci-jointe. On constate principalement et conformément aux prévisions, que la vitesse du son s'accroît avec la contraction; mais cette variation est discontinue et détermine les diverses zones suivantes :

1° Une première zone à accroissement prépondérant de la contraction relative qui se termine vers 160° C.

2° Une deuxième zone à accroissement prépondérant de la vitesse du son qui, pour les deux aciers étudiés, se termine respectivement vers 220 et 275° C. La constance de la densité dans cette zone ne semble pas résulter exclusivement de la décomposition de l'austénite résiduelle en raison des trois autres résultats expérimentaux suivants : d'abord la teneur en austénite résiduelle mesurée aux rayons X est inférieure à 3 % dans l'acier au carbone et égale à 5 % dans l'acier au chrome; ensuite l'extrapolation à 20° C des valeurs expérimentales à 800, 700, 250 et 200° C de la vitesse du son dans l'austénite sous-refroidie de l'acier au chrome indique une valeur inférieure de 1,5 % seulement à la vitesse du son à 20° C dans les produits de décomposition de l'austénite vers 200 à 250° C; enfin l'écart entre les densités de l'austénite et de ses produits de décomposition justifie seulement les faibles dilatations parasites qni se manifestent, principalement dans l'acier au chrome dans la portion supérieure de la deuxième zone.

3° Une troisième zone à accroissement prépondérant de la contraction relative qui, pour les deux aciers étudiés, se termine respectivement vers 300 et 450° C.

4° Une quatrième zone où l'accroissement de vitesse du son semble être à nouveau prépondérant, principalement dans l'acier au chrome.

En conformité avec les résultats de Chevenard et Portevin [2], la décomposition de la martensite se poursuit, puisque la vitesse du son s'accroît, même dans les zones où la contraction relative, c'est-à-dire la densité reste constante; par contre, ces arrêts de la variation de la densité ne semblent pas résulter exclusivement de la décomposition de l'austénite résiduelle et pourraient être autrement interprétés d'après l'hypothèse suivante :

L'accroissement continu de la température de revenu de la martensite provoquerait, entre autres effets, un effet banal de relaxation de la tension hydrostatique interne, relaxation qui selon la règle de Gibbs serait interrompue durant la présence d'une phase en surnombre. Dans le cas de l'acier à 0,9 % C, la deuxième zone pourrait correspondre à la coexistence de la cémentite et du carbure hexagonal de fer puisque, d'une part, cette coexistence est possible d'après les résultats d'Austin et Schwartz en diffraction électronique [3] et que, d'autre part, d'après les examens radiocristallographiques de Jack [4], la disparition du carbure hexagonal de fer coïnciderait avec la décomposition de l'austénite résiduelle et, par conséquent, avec la fin de la deuxième zone.

---

(2) *Revue Universelle des Mines*, 6, 1931, p. 309, 391 et 443.

(3) *Amer. Soc. Test. Mat.*, 1952, Préprint n° 165 B.

(4) *Journal of the Iron and Steel Institute*, 1951, p. 26 à 36.

MÉTALLOGRAPHIE. — *Influence de la fatigue sur les propriétés magnétiques des aciers.* Note de MM. **André Kovacs** et **Pierre Laurent**, présentée par M. Pierre Chevenard.

En adoptant le dispositif déjà décrit (¹) et par l'addition d'un enroulement autour de l'éprouvette, nous avons pu observer les modifications de perméabilité magnétique déterminées par la répétition cyclique des contraintes appliquées à un nickel-chrome de construction, traité pour diverses structures.

a. Après arrêt des vibrations, la perméabilité μ mesurée en plaçant la bobine dans un pont d'impédance fonctionnant avec un courant porteur de 8 kHz, évolue progressivement vers une valeur, en général légèrement différente de la valeur initiale. Dans certains cas, nous avons pu suivre cette évolution pendant 15 mn. Parfois, ce *traînage* (²) n'est pas continu, mais accuse nettement des sauts de Barkhausen.

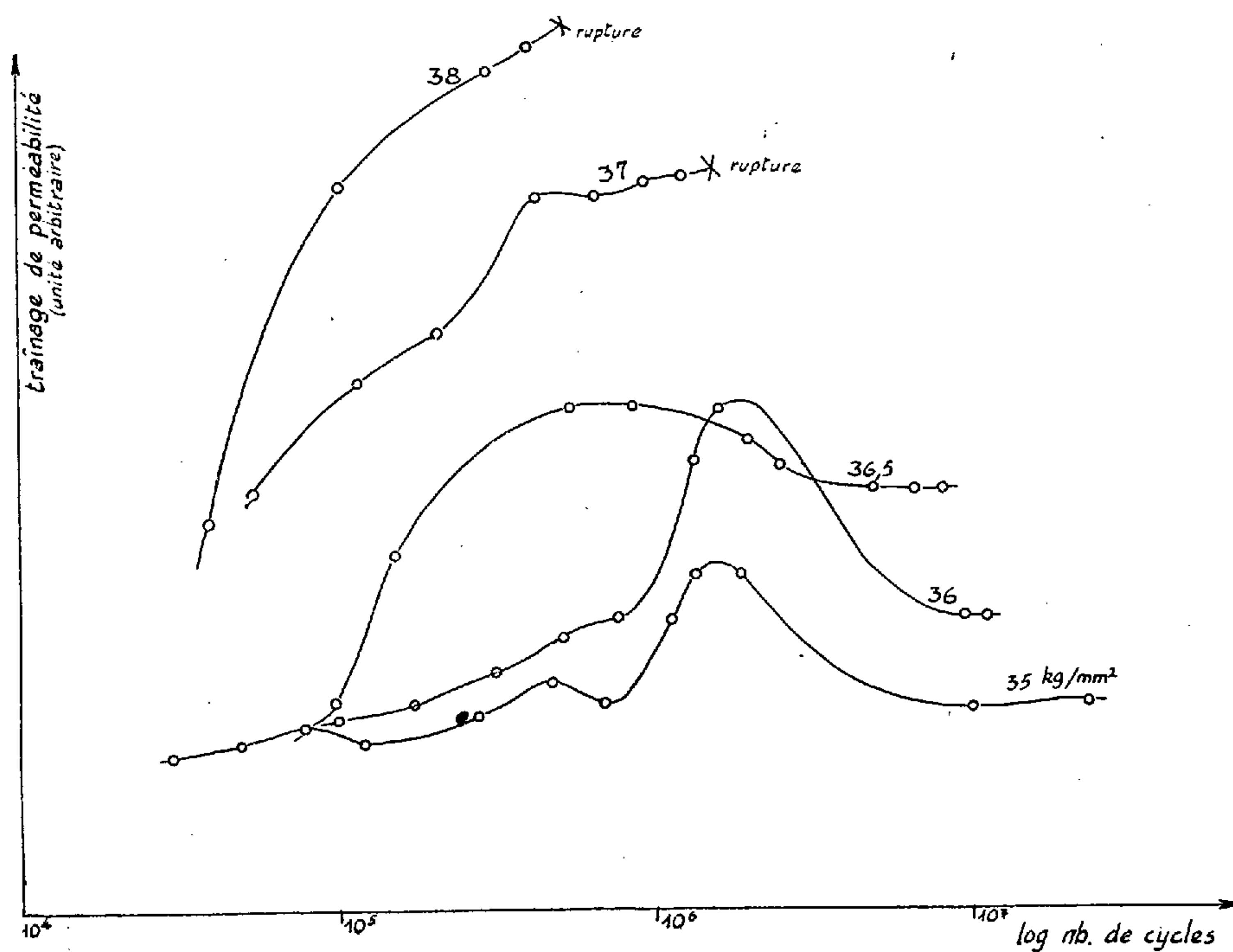


Fig. 1.

De plus, nous avons constaté que, pour une même éprouvette soumise à des vibrations d'amplitude constante, la tangente à l'origine de la courbe

(¹) *Comptes rendus*, **235**, 1952, p. 1103.
(²) Néel, *J. Phys. Rad.*, **11**, 1950, p. 49.

« perméabilité-temps » est indépendante du nombre de cycles. La valeur de la contrainte maxima relative à chaque cycle modifie notablement l'amplitude du traînage. Au-dessous de la limite de fatigue, comme le montre la figure 1, il y a, en fonction du nombre de cycles, un maximum caractéristique du traînage; au-dessus de cette limite, l'augmentation se poursuit jusqu'à la rupture.

b. Pendant les vibrations de l'éprouvette, les variations de la perméabilité provoquent, dans un champ magnétique constant, un flux d'induction modulée. La bobine de mesure est reliée à un intégrateur électronique : la tension de sortie, proportionnelle à μ, est envoyée sur les plaques verticales d'un oscillographe cathodique, tandis que les plaques horizontales

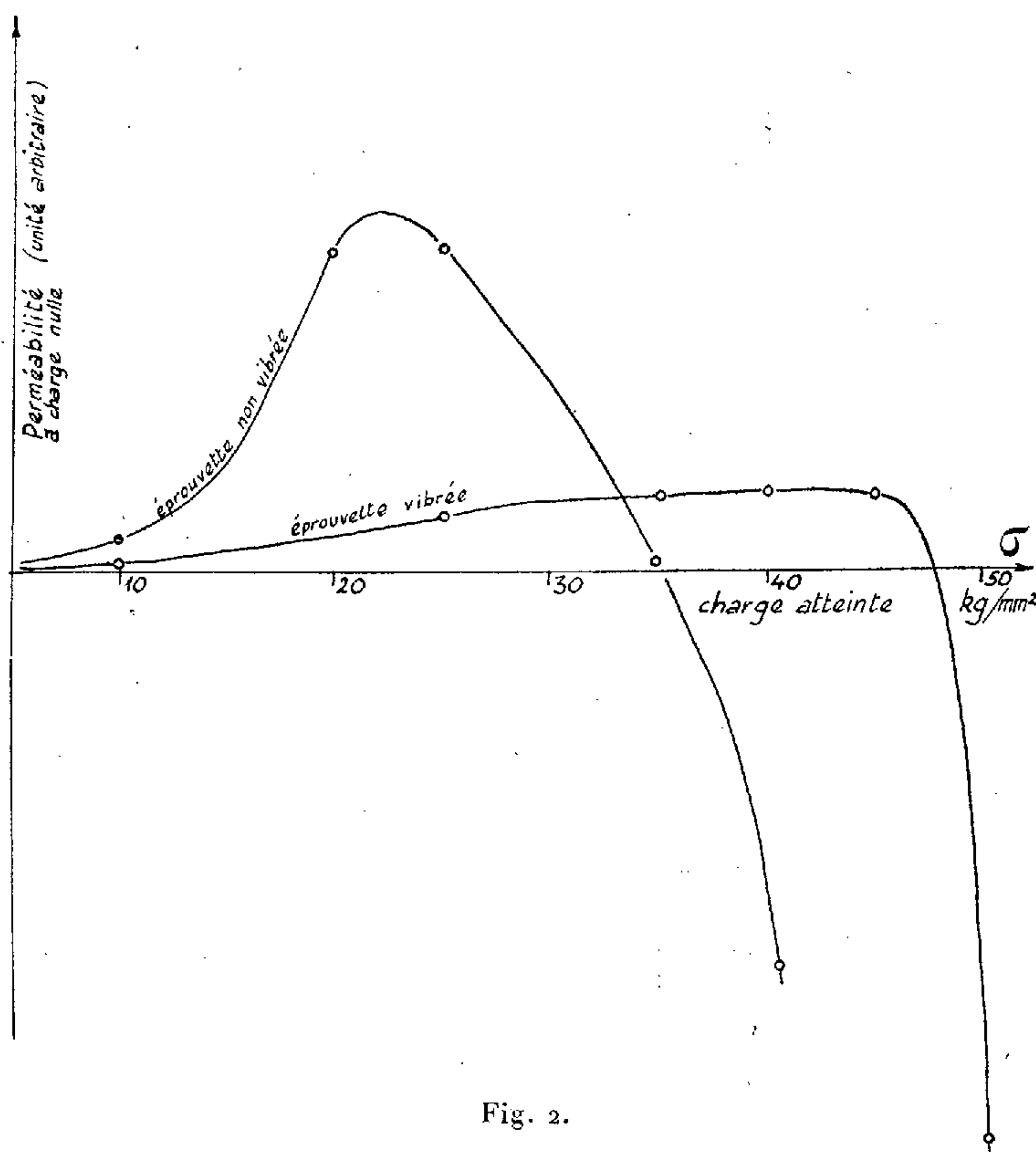


Fig. 2.

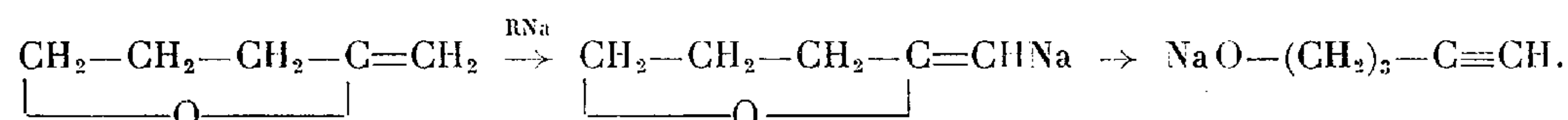
reçoivent une tension proportionnelle à la contrainte. La forme des cycles ainsi observés évolue notablement, au cours du temps, au-dessus de la limite de fatigue, alors qu'elle reste immuable au-dessous. Ces cycles fermés délimitent une aire algébrique qui, dans notre cas particulier, s'annule vers la limite de fatigue.

c. Nous avons étudié la perméabilité en fonction de la contrainte appliquée, au cours de cycles décrits lentement entre o et une charge maxima σ,

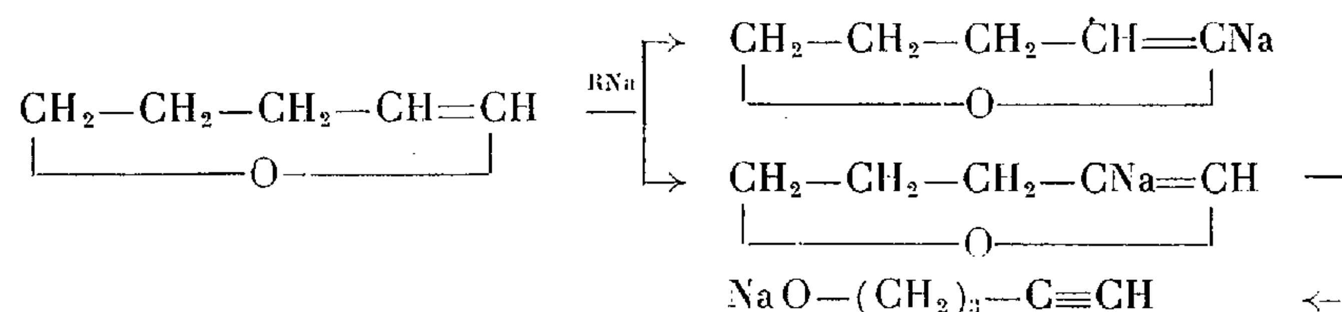
croissant à chaque cycle. Les courbes obtenues ont une forme compliquée présentant des maxima et des minima, sans qu'il y ait superposition d'un cycle à l'autre. Les courbes relatives à des éprouvettes ayant subi 15 millions d'alternances au voisinage de la limite de fatigue sont très proches les unes des autres, contrairement au cas des éprouvettes qui n'ont pas vibré. Par exemple, la perméabilité, pour une contrainte nulle, d'une éprouvette qui n'a pas vibré, passe par un maximum quand la contrainte σ augmente, tandis que celle d'une éprouvette qui a vibré varie peu (*fig.* 2).

CHIMIE ORGANIQUE. — *Action des dérivés organo-sodiques sur les éthers vinyliques.* Note (*) de MM. **Raymond Paul** et **Serge Tchelitcheff**, présentée par M. Marcel Delépine.

L'amylsodium réagissant sur le méthylène-2 tétrahydrofuranne conduit au pentyne-4 ol-1, la sodation ne pouvant se faire qu'en β par rapport à l'oxygène pontal (1) :



Dans les mêmes conditions, le dihydropyranne donne *deux* dérivés sodés, l'un en α, qui est stable, et l'autre en β, qui se réarrange aussitôt en pentyne-4 ol-1 (1) :



D'autres éthers vinyliques cycliques comme le méthoxyméthyl-6 dihydro-5.6 pyranne réagissent de la même façon que le dihydropyranne, en donnant deux dérivés sodés (2).

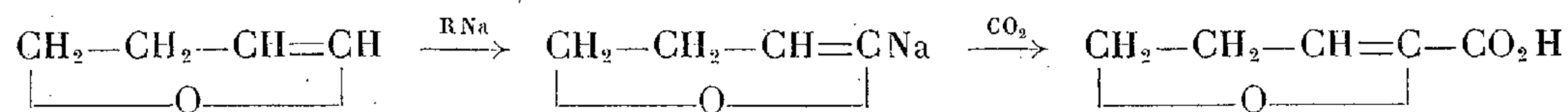
D'autres, comme le dihydro-2.3 furanne, se sodent exclusivement en α. En traitant en effet ce composé par l'amylsodium, puis par l'anhydride carbonique solide (glace carbonique) dans les conditions indiquées pour le dihydropyranne (2), nous n'avons pas obtenu de butyne-3-ol-1, mais seulement l'acide dihydro-4-5 furoïque (F 117°; $C_5H_6O_3$, trouvé %, C 52,6; H 5,85; calculé %,

(*) Séance du 10 novembre 1952.

(1) R. Paul et S. Tchelitcheff, *Comptes rendus*, 232, 1951, p. 2230.

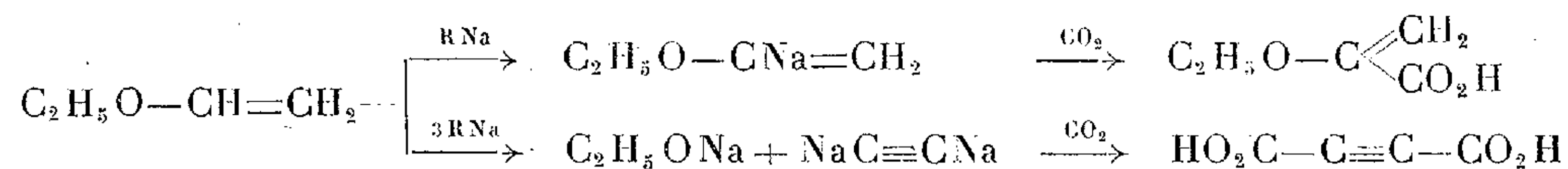
(2) R. Paul et S. Tchelitcheff, *Bull. Soc. Chim.*, 1952, p. 808.

C 52,65; H 5,27) avec un rendement de 58 %



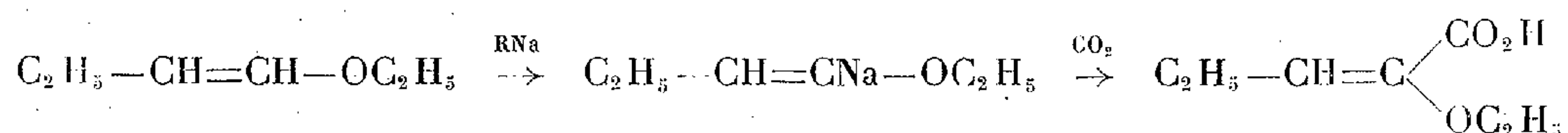
La structure de cet acide est confirmée par son hydrolyse en oxo-2 valerolactone (dinitro-2-4 phénylhydrazone, F 232°; $C_{11}H_{10}O_6N_4$, trouvé %, C 44,95; H 3,58; N 19,2; calculé %, C 44,90; H 3,40, N 19,05), et par son hydrogénation catalytique en acide tétrahydrofuroïque (E_{20} 135°; ester *p*-bromophénacylique F 82°).

Les éthers vinyliques acycliques se comportent d'une façon analogue. En traitant l'oxyde de vinyle et d'éthyle comme le dihydrofuranne, nous avons obtenu finalement de l'acide éthoxy-2 acrylique (caractérisé par son hydrolyse en acide pyruvique) et de l'acide acétylènedicarboxylique (F 178°).



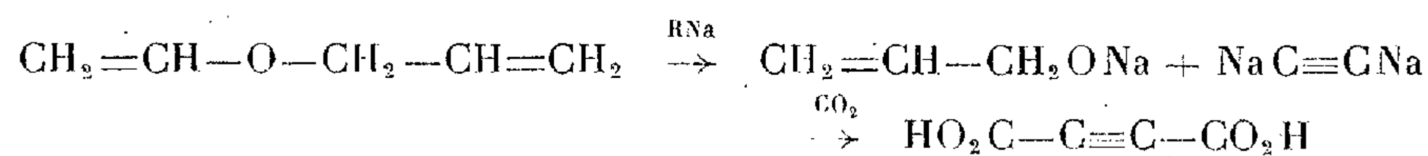
Il y a donc sodation à la fois en α et en β, le dérivé sodé en β se décomposant aussitôt avec formation d'acétylène. Les deux réactions sont sensiblement de même importance.

Avec l'éthoxy-1 butène-1, la sodation ne semble se faire qu'en α : nous n'avons pu déceler la formation de composé acétylénique, et nous avons seulement isolé (Rdt 50 %) l'éthoxy-2 pentène-2-oïque :



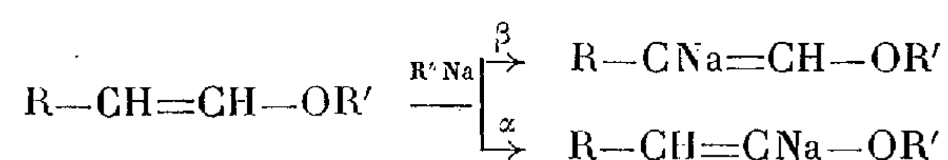
Cet acide, peu stable, a été hydrolysé en pentanone-2-oïque C_3H_7-CO-CO_2H (dinitro-2.4 phénylhydrazone, F 168°; $C_{11}H_{12}O_6N_4$, trouvé %, C 44,32; H 4,55; N 19,25; calculé %, C 44,6; H 4,06; N 18,95), et par hydrogénation catalytique, conduit à l'acide éthoxy-2 valérianique (E_{20} 121-122°; n_D^{24} 1,4214; d_4^{24} 1,009; $C_7H_{14}O_3$, trouvé %, C 57,65; H 9,55; calculé %, C 57,55; H 9,58), dont l'amide fond à 91°.

Dans le cas de l'oxyde de vinyle et d'allyle, au contraire, la sodation paraît s'effectuer exclusivement en β : la réaction donne avec un rendement de 88 % l'acide acétylène-dicarboxylique, ce qui est l'indice d'une scission presque complète en acétylène et alcool allylique :



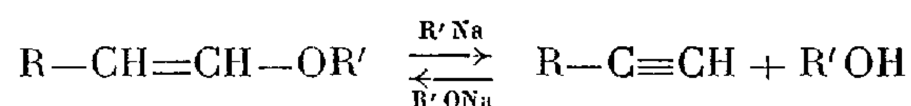
De tout ceci on peut conclure qu'au voisinage de 0° les organo-sodiques

réagissent aisément sur les éthers vinyliques. Selon la nature de l'éther, la sodation peut se faire soit en α soit en β par rapport à la liaison oxydique, sans qu'on puisse prévoir pour l'instant l'importance relative des deux réactions :



Les dérivés α sodés sont relativement stables, et se prêtent bien, en particulier, à la carbonatation.

Quant aux dérivés β sodés, ils se réarrangent aussitôt ([5]) avec formation d'un dérivé acétylénique : c'est en somme la réaction inverse de la production des éthers vinyliques par fixation d'un alcool sur une triple liaison :



CHIMIE ORGANIQUE. — *Sur quelques propriétés du β-chloroéthyl-14 dinaphtopyranne*. Note de M. **Robert Damiens**, présentée par M. Marcel Delépine.

La condensation du β-chloropropionacétal avec le β-naphtol conduit au β-chloroéthyl 14-dinaphtopyranne (I) dont les propriétés vis-à-vis de l'ammoniac, des amines primaires ou secondaires, du cyanure de potassium ou du phtalimide potassé sont étudiées et comparées à celles observées avec les halogéno-méthyl-14 dinaphtopyranne [(II) R = X] dans les mêmes conditions.

Les halogénométhyl-14 dinaphtopyranne [(II) R = X] ont montré des propriétés particulières ayant fait l'objet d'un travail de Wizinger ([1]) et de deux Notes préliminaires ([2]) ([3]). Alors que ces composés, chauffés avec les amines primaires ou secondaires en solution benzénique, conduisent aux dérivés aminés attendus ([2]), les réactions avec l'ammoniac ou le cyanure de potassium en milieu alcoolique produisent une rupture de la liaison entre le CH du noyau pyrannique et le méthylène porteur de l'halogène avec formation de dinaphtopyranne ([3]). Il nous a paru intéressant d'étudier le comportement vis-à-vis des mêmes réactifs d'un composé dans lequel l'halogène serait éloigné du noyau pyrannique par une chaîne aliphatique plus longue.

A cet effet, nous avons réalisé la synthèse du β-chloroéthyl-14 dinaphtopyranne (I) par condensation du β-chloropropionacétal avec le β-naphtol en solution dans l'acide acétique cristallisable et en présence d'acide sulfurique comme agent déshydratant. Le produit, obtenu avec un rendement de 60 %

([5]) R. Paul, *Bull. Soc. Chim.*, **18**, 1951, C 109.

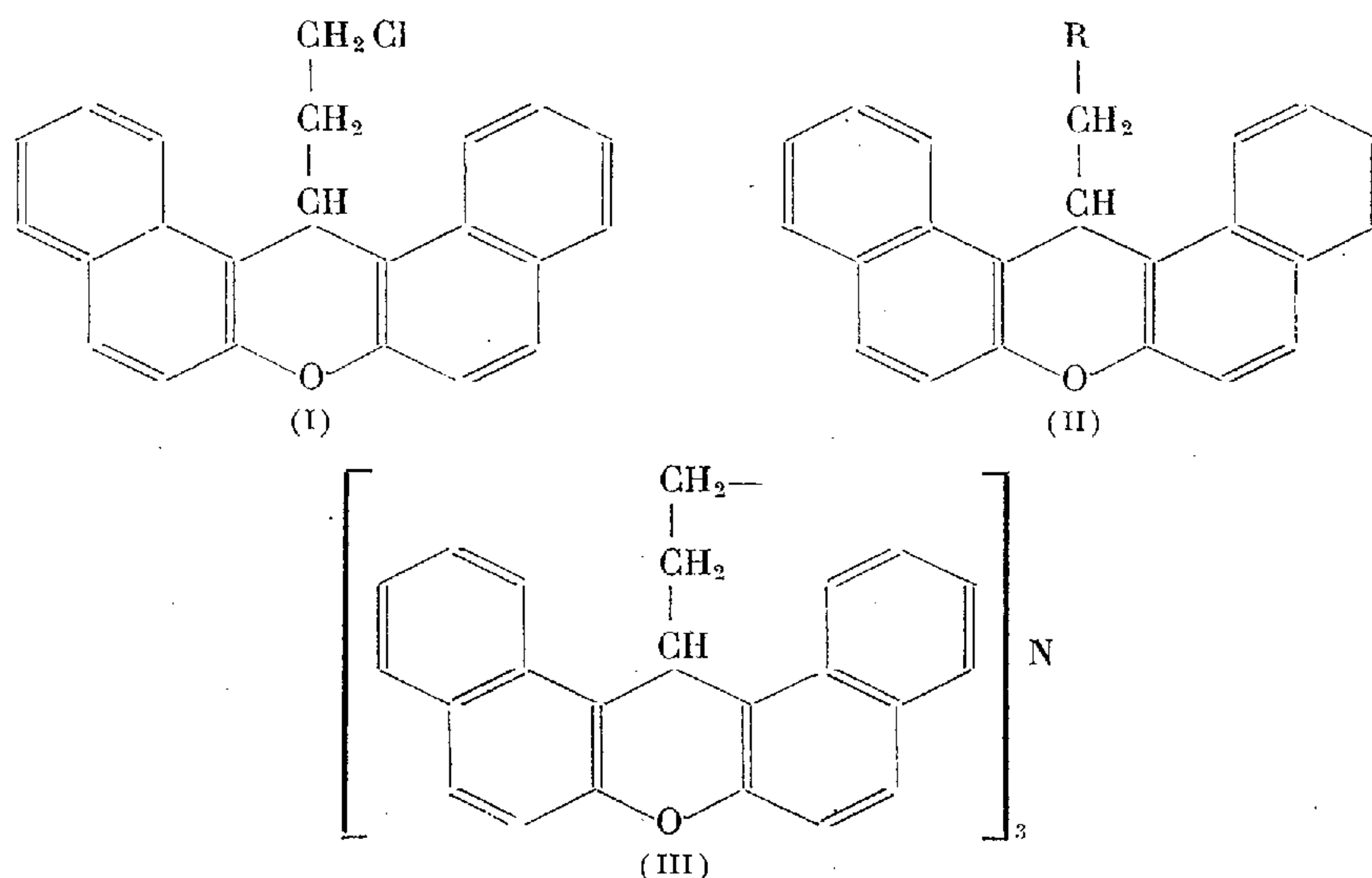
([1]) *Helv. Chim. Acta*, **30**, 1947, p. 189.

([2]) *Comptes rendus*, **232**, 1951, p. 984.

([3]) *Comptes rendus*, **233**, 1951, p. 1459.

est recristallisé dans l'isopropanol en petits cristaux blancs, ne se colorant pas sous l'influence de la lumière, F 122°. Calculé pour $C_{23}H_{17}OCl$, C 80,11 : H 4,93; Cl 10,31. Trouvé C 80,45; H 5,11; Cl 10,09.

Les réactions de ce type sont aisément effectuées également par utilisation du fluorure de bore comme agent de condensation : les rendements, excellents, atteignent 80 %.



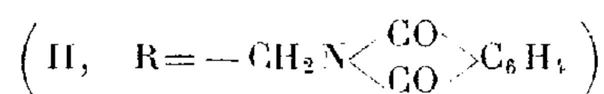
Action de l'ammoniac. — Le chauffage en tube scellé du composé (I) avec un grand excès d'une solution alcoolique d'ammoniac donne, quantitativement, un dérivé azoté, auquel les analyses, la mesure du poids moléculaire et l'absence de la bande NH du spectre infrarouge, permettent d'attribuer la formule (III). Cette amine tertiaire se présente sous forme de petits cristaux blancs, recristallisés dans un mélange éthanol-benzène F 229°. Poids moléculaire (selon Rast) calculé : 941, trouvé : 960. Calculé pour $C_{69}H_{51}O_3N$, C 87,99; H 5,42; N 1,48; trouvé C 87,25; H 5,85; N 1,46.

Action des amines primaires ou secondaires. — Les amines primaires ou secondaires, chauffées en tube scellé avec le composé (I) en solution alcoolique conduisent aux dérivés aminés de formule (II, $R=CH_2NR'R''$), en général cristallins, formant des sels incolores stables, solubles dans l'eau. Les amines suivantes ont été, entre autres, préparées et sont données à titre d'exemples.

R'.	R''.	Base ou sel.	F (°C).	Recristallisation.	N calc.	N tr.
CH_3	CH_3	$C_{25}H_{23}ON$	85	(chromatographie)	3,97	3,94
CH_3	CH_3	$C_{25}H_{23}ON.ClH$	232	éthanol	–	–
C_2H_5	C_2H_5	$C_{27}H_{27}ON.ClH$	181	benzène	3,35	3,39
H	$CH_2C_6H_5$	$C_{30}H_{25}ON.ClH$	224	éthanol + benzène	3,10	3,02
$CH_2C_6H_5$	$CH_2CH_2N(C_2H_5)_2$	$C_{36}H_{38}ON_2.2ClH$	200	isobutanol	4,77	4,63
H	C_6H_5	$C_{29}H_{23}ON$	153	éthanol + benzène	3,49	3,41

Action du cyanure de potassium. — Alors que le bromométhyl-14 dinaphtopyranne (II, R=Br) en solution alcoolique se transformait en dinaphtopyranne par chauffage avec CNK, le composé (I) donne, dans les mêmes conditions, le nitrile attendu (II, $R=CH_2CN$) avec un bon rendement. Recristallisé dans l'éthanol F 180°. Calculé pour $C_{24}H_{17}ON$, N 4,23; trouvé 4,18.

Action du phtalimide potassé. — Le chauffage en tube scellé d'un mélange de (II, R=X) et de phtalimide potassé conduit à un composé coloré en jaune [4] de formule $C_{22}H_{14}O$ (F 203°). Par contre, (I) donne, dans les mêmes conditions, le dérivé phtalimidé



blanc, qui est recristallisé dans la butanone F 217°. Calculé pour $C_{31}H_{21}O_3N$; N 3,07; O 10,54; trouvé N 3,03; O 10,48.

Conclusion. — Contrairement au chlorométhyl-14 dinaphtopyranne (II, R=Cl), le β-chloroéthyl-14 dinaphtopyranne (I) forme avec l'ammoniac, ou le cyanure de potassium en solution alcoolique, des dérivés de substitution à l'halogène et, avec le phtalimide potassé un composé phtalimido-(N-éthyl-14 dinaphtopyranne). Avec les amines primaires ou secondaires, les composés (I) et (II, R=X) conduisent aux dérivés aminés semblables. L'éloignement de l'halogène du noyau pyrannique lui redonne donc les propriétés habituelles des halogènes liés à une chaîne aliphatique.

CHIMIE ORGANIQUE. — *Sur l'isolement et quelques propriétés des isomères* cis-trans *de l'α, β-diphényl-β-méthoxyacrylonitrile.* Note de MM. **Pierre Reynaud** et **Jean Matti**, présentée par M. Jacques Tréfouël.

Les auteurs ont étudié la méthylation de l'α-cyanodésoxybenzoïne par le sulfate de méthyle et recherché les conditions de formation des deux α, β-diphényl-β-méthoxyacrylonitriles *cis-trans*. Propriétés et spectres.

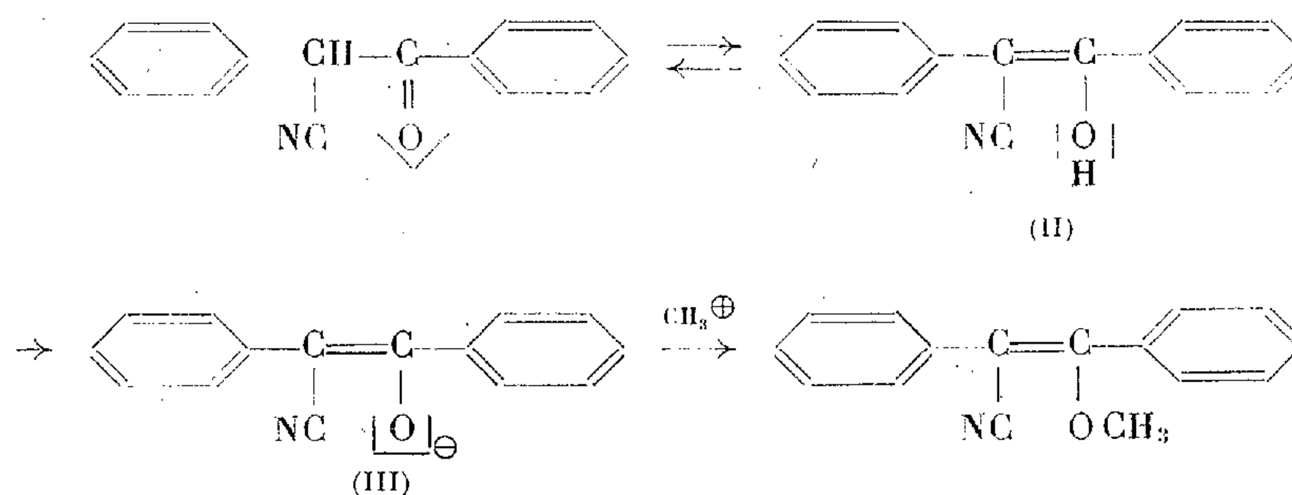
La publication de P. R. Russel et N. Whittaker [1] sur les α-aryl-β-alcoxyacrylonitriles nous engage à faire connaître quelques résultats acquis depuis un certain temps déjà. Ces auteurs décrivent la préparation de l'α, β-diphényl-β-méthoxyacrylonitrile F 106°. Ils ont obtenu cet isomère en faisant agir le diazométhane, ou mieux l'ortho-propionate de méthyle, sur l'α-cyanodésoxybenzoïne et ils notent, sans détails, que les halogénures ou les sulfates d'alcoyles leur ont donné des rendements peu satisfaisants. Ils font remarquer qu'en aucun cas ils n'ont isolé le deuxième isomère prévu par la théorie.

---

[4] *Bull. Soc. Chim. Fr.*, 19, 1952 (sous presse).

[1] *J. Amer. Chem. Soc.*, 74, 1952, p. 1310.

Notre étude, suite d'un travail antérieur ([2]), a porté précisément sur la méthylation par $SO_4(CH_3)_2$ en milieu alcalin de l'α-cyanodésoxybenzoïne. On pouvait présumer, dans ces conditions, l'obtention d'un éther. En effet, non seulement le groupement nitrile augmente la mobilité de l'atome d'hydrogène, mais il contribue, ainsi que le groupement phényle, également en α par rapport au carbonyle, à stabiliser la forme tautomère (II). Enfin, l'alcalinité du milieu devait favoriser le passage de la forme cétonique à la forme ionique fortement nucléophile (III) :



Nous avons, en effet, obtenu avec d'excellents rendements un produit méthoxylé, mélange de deux isomères, l'un de F 106°, gros prismes, l'autre de F 84°, longues aiguilles, dans la proportion de quatre parties du premier pour une du second. La séparation est réalisée dans l'alcool.

Il suffit d'ajouter au mélange, continuellement agité, de 50 g de β-cétonitrile ([2]), 57 g de sulfate diméthylique et 47 cm³ d'eau : 26 g de potasse dissoute dans 100 cm³ d'eau. La température s'élève progressivement et l'on règle l'addition de potasse pour qu'elle se maintienne à 53-55°; lorsqu'il n'y a plus d'échauffement spontané, on chauffe encore 40 mn à cette température (intérieur du ballon). Après une nuit de repos, il y a formation d'une masse cristalline, insoluble dans l'eau. On essore sur verre fritté et fait recristalliser dans le minimum d'alcool. On obtient par refroidissement 42 g de cristaux blancs, F 90° environ, qui sont un mélange des deux isomères. On les dissout dans 75 cm³ d'alcool à chaud. Après un repos de 8 h environ à la température du Laboratoire, de gros prismes se sont déposés; il faut essorer (30 g) avant que commencent à cristalliser de longues aiguilles qui remplissent, après une nuit, la solution mère (7,5 g). Ces deux fractions, recristallisées chacune dans l'alcool, fournissent respectivement les deux isomères F 106° et F 84°,5.

Nous avons fait de nombreux essais en faisant varier la quantité de potasse et la température. Dans une de ces opérations, conduite à 85-90°, le β-cétonitrile a été scindé en cyanure de benzyle et benzoate de sodium. Dans plusieurs autres, conduites entre 30 et 40°, nous n'avons jamais pu isoler l'isomère à bas point de fusion. Il semble donc qu'un certain seuil de température soit nécessaire à sa formation.

([2]) P. Reynaud et Jean Matti, *Bull. Soc. Chim.*, (5), 18, 1951, p. 612.

Un mélange de ces deux isomères présente un point de fusion nettement abaissé. L'un et l'autre donnent à l'analyse des pourcentages corrects en groupement méthoxylé (Zeisel) et conduisent, par contact avec SO_4H_2 concentré à froid (6 h), au même amide, le benzoylphénylacétamide F 176° (déméthylation). Signalons encore une propriété singulière : l'isomère F 106°, réduit par $LiAlH_4$ (0,5 mol pour 1 mol de nitrile éther) conduit essentiellement au benzylcyanure de benzyle; il y a donc eu déméthylation et réduction de la double liaison. Nystrom, Brown, Hochstein, Karrer et Barnajea [3] ont déjà signalé des réductions de la double liaison cinnamique par ce réactif : nous pouvons y rattacher notre exemple.

Enfin, l'étude des spectres d'absorption ultraviolets confirme entièrement la structure de ces deux isomères : on y retrouve la large bande des composés stilbéniques et l'on peut constater un léger décalage de cette bande vers le visible pour l'isomère F 84°,5, par rapport à l'isomère F 106°. Voici le résultat de ces mesures (l'absorption est exprimée par log ε : les autres chiffres représentent $\nu . 10^{-12}$)

Isomère F 106° 1060 (log ε = 4,25) ↘ 1240 (log ε = 3,75)
Isomère F 84°,5 1034 (log ε = 4,12) ↘ 1185 (log ε = 3,62)

RADIOCRISTALLOGRAPHIE. — *Sur la déformation et la polygonisation des monocristaux d'aluminium.* Note (*) de MM. **Honoré Lambot** et **Lawrence Vassamillet**, présentée par M. Charles Mauguin.

Dans un article précédent [1] nous avons proposé une nouvelle technique par transmission des rayons X permettant de mesurer avec précision les faibles désorientations angulaires existant dans une tranche étroite d'un cristal réel. Cette méthode convient particulièrement pour l'étude des modifications réticulaires intervenant dans les métaux subissant divers traitements mécaniques et thermiques.

Nous avons soumis des monocristaux d'aluminium de différentes puretés obtenus par le procédé d'Elam-Carpenter à des allongements allant jusqu'à 10 % suivis de revenus à des températures de plus en plus élevées. La distribution des normales aux plans cristallins dans le volume irradié (60 μ × 0,5 mm × 6 mm) est suivie dans le plan horizontal à partir de la largeur d'une réflexion de Bragg enregistrée avec l'échantillon fixe et dans le plan vertical à partir de la répartition de l'intensité diffractée.

Bien qu'obtenus dans des conditions identiques, les monocristaux de

(3) *Organic Reactions*, J. Wiley, New-York, VI, p. 481.

(*) Séance du 10 novembre 1952.

(1) *Comptes rendus*, 235, 1952, p. 1136.

départ présentent une perfection variable. Si certains admettent une désorientation azimutale maximum inférieure à 1 mn sur toute la hauteur intéressée par le faisceau, dans d'autres, ce décalage varie progressivement de une à quelques dizaines de minutes suivant les régions; pour d'autres encore, deux zones contiguës d'excellente perfection subissent brusquement l'une par rapport à l'autre une rotation de plusieurs minutes. Enfin, il arrive fréquemment que des portions cristallines de perfection différente sont raccordées par des domaines constitués de petits paquets de plans rigoureusement parallèles séparés par des intervalles angulaires parfois inférieurs à 1 minute.

Un allongement d'environ 1 % a pour résultat de déformer essentiellement les régions les plus parfaites donnant ainsi naissance à une réflexion de largeur un peu plus grande, mais plus uniforme (nous passons, par exemple de 1 à 15 mn). La structure interne de la tache montre clairement que la déformation procède par rotation de groupes de plans gardant individuellement une perfection assez bonne et se décalant les unes par rapport aux autres de quelques minutes d'arc. La dimension moyenne de ces petits domaines peut être estimée à 50 μ au maximum.

Ce processus se poursuit jusqu'à environ 3 % d'allongement, mais la répartition intense de l'intensité dans les taches de Bragg conduit à la conclusion que les paquets de plans à peu près parfaits perdent peu à peu leur individualité et suggère une courbure de plus en plus continue des plans réticulaires.

Lorsque la déformation augmente encore (jusqu'à 10 %), c'est la distribution de l'intensité suivant la hauteur de la tache qui est la plus caractéristique. Celle-ci se décompose en bandes floues dont l'orientation varie avec les plans réflecteurs de notations différentes. Cet aspect peut être mis en relation avec les désorientations des normales dans le plan vertical, indiquant de nouveau une courbure prononcée du réseau dans des régions plus grandes (ordre du millimètre).

Nous nous sommes d'abord limités à une gamme de déformations faibles en vue d'étudier le point de départ de la polygonisation. Guinier et Tennevin ([2]) ont fixé ce dernier à 450° C sur des monocristaux étirés de 5 %. La plus grande sensibilité de notre technique nous a permis de montrer que ce phénomène commence à des températures nettement plus basses. C'est ainsi que des monocristaux d'aluminium raffiné (99,99 %) allongés de 4 % nous ont fourni des stries de polygonisation nette après 12 h à 200° C.

Sur des échantillons à 99,95 %, ce même résultat n'est atteint qu'après 12 h à 550° C, ce qui montre clairement le rôle des impuretés.

([2]) *Progress in Metal Physics*, **11**, Londres, 1950 (Butterworth), p. 177.

Actuellement, la méthode décrite nous permet de distinguer des domaines d'environ 20 μ. C'est ainsi que les premiers blocs de polygonisation vraiment bien définis semblent avoir une dimension moyenne de 40 à 50 μ.

Les essais sont en cours en vue d'abaisser encore la limite de sensibilité afin de fixer avec plus de précision encore le début du phénomène de polygonisation.

GÉOLOGIE. — *Probabilités de l'existence de minerais radioactifs dans certaines régions du Maroc français*. Extrait d'une Note (*) de M. **Léon Puzenat** [1], présentée par M. Charles Mauguin.

Le présent « Pli cacheté » a pour but de montrer les facteurs qui militent en faveur de la présence de minerais radioactifs dans certaines régions du Maroc français, qui offrent les mêmes caractéristiques géologiques, tectoniques et métallogéniques que les autres régions du globe où il existe des gisements d'uranium.

Ceux actuellement connus se répartissent dans les trois phases suivantes de Suess :

Phase I. — C'est celle de l'étain avec le béryl et la topaze comme minéraux indicateurs à gangue de quartz.

Phase II. — Caractérisée par les sulfures et les arséniures ou par les arséniosulfures métalliques à gangue de quartz et de calcite.

Phase III. — Représentée par les carbonates, calcite et dolomie. Cette phase est une *phase de profondeur*.

Les phases II et III existent dans les « boutonnières » précambriennes métamorphiques de Bou Azzer et de El Graara à 265 km au Sud de Marrakech.

Contrairement au groupe des métaux : fer, plomb, cuivre, zinc, qui comprennent essentiellement comme forme primitive des sulfures, l'uranium comme le thorium font partie des métaux ayant subi un commencement de départ à la façon du tungstène et de l'étain.

Les gisements de minerais radioactifs se sont formés en présence de vapeur d'eau sous pression, à des températures comprises entre 300 et 700°. Ils sont liés à des sources subgranitiques, par opposition aux fumerolles fluorées de l'étain. On est donc susceptible de rencontrer des minerais radioactifs, non seulement dans les régions offrant des minerais oxydés d'étain (cassitérite) et de tungstène (wolfram) à gangue de quartz, telle que la région d'El Karit-Oulmès dans le Maroc central, mais aussi et plus favorablement dans les zones de la phase III carbonatée.

(*) Séance du 20 octobre 1952.

[1] Document retiré du pli cacheté n° 12259, déposé le 6 janvier 1947, ouvert à la demande de l'auteur le 16 juillet 1952.

Cette phase existe dans les deux « boutonnières » précambriennes de Bou Azzer et de El Graara, où tous les facteurs concourent, comme je vais le démontrer, à l'*existence en profondeur* de minerais radioactifs (pechblende, pechurane, uraninite, etc.).

Ces « boutonnières » sont comprises entre les deux socles de granite archéen formant le substratum du djebel Siroua à l'Ouest et du djebel Sahro à l'Est.

. . . .

Ces deux « boutonnières » cobaltifères et nickelifères sont aussi aberrantes que celle au milieu de laquelle se situe Joachimsthal (actuellement Yashimimos) s'apparentant au massif de Bohême en Tchécoslovaquie, où les mines se trouvent dans la grande zone métallifère de Freiberg, en relation avec des manifestations éruptives et des sources thermales. Les minerais radifères : pechblende, pechurane, uraninite se sont rencontrés dans une gangue de calcite et de dolomie de la phase III carbonatée à plus de 300 m de profondeur.

Les gisements du Katanga se placent également dans le précambrien plissé (mines de Kasolo, de Shincolobwe et de Kalongive) où se rencontrent, toujours en profondeur, les gisements du plomb uranique. Le cobalt y est aussi lié à des dolomies d'origine hydrothermales. Les venues de cuivre et de cobalt reposent en discordance sur le « bouclier » africain comme à Bou Azzer-El Graara. La tectonique du Katanga coïncide avec la chaîne algonkienne et ces associations métallifères s'alignent sur 250 km. Celles de Bou Azzer-El Graara ne représentent que 200 km en y englobant les venues cuprifères du djebel Sahro (mines de l'Issougri). Ce qui complète les analogies de cette région avec celle du Katanga.

J'insiste sur l'âge précambrien de ces formations cobalto-radifères en raison des analogies qu'elles présentent avec les divers autres gisements mondiaux actuellement connus et qui peuvent se mettre en parallèle avec les précédents : Killuney au Canada, Rapakavi en Finlande, Vinddhya dans l'Inde, où les intrusions cobaltifères et uranifères se placent dans le précambrien. Il existe une similitude non seulement constitutive, mais aussi intrusive entre ces divers gisements.

L'exploitation actuelle de Bou Azzer-El Graara se trouve dans la phase II. C'est celle des arséniosulfures métalliques représentés par : l'association smaltite-skutterudite-chloantite, de sulfure : nickeline et les arséniures isotropiques et anisotropiques : safflorite-rammelsbergite-löllingite et mispickel. Leurs gangues sont quartzo-calcitiques. La moyenne des teneurs en cobalt est de 20 %, celle du nickel varie de 4 à 15 %, avec 7 à 12 % de cobalt. L'or se présente dans la smaltite en grains ou en filaments de 1/10 à 1/100 de millimètre, accusant une teneur de 3 à 250 grammes à la tonne. L'argent ne dépasse pas 50 g. C'est un des rares gisements de cobalt

où l'or remplace l'argent. Ce qui complique l'explication de la genèse métallogénique de ces gîtes.

Le minerai se présente en filons, en amas ou en chapelets atteignant parfois une puissance de 1,50 m, au contact serpentine-gabbro.

Au fur et à mesure de l'approfondissement des puits d'exploitation (actuellement à 172 m, décembre 1946), profondeur qui ne cessera de s'accroître par suite des exigences de l'exploitation, la phase III paraît déjà se préciser. La silice disparaît pour faire place à une gangue de calcite et de dolomie.

Le même processus a été observé dans les autres gisements mondiaux précédemment énumérés, où l'apparition des minéraux et des minerais radioactifs débute vers 350-400 m de profondeur et plus, suivant l'intensité des actions dynamométamorphiques locales. Là, où ont joué à plein les facteurs de pression, de température et d'hydrothermalisme. Zone dans laquelle les éléments métalloïdes et métaux se sont combinés et associés suivant leurs affinités chimiques. Leur répartition s'est effectuée d'après leur poids atomique. Celui de l'uranium étant le plus élevé (238,20), ce métal s'est toujours rencontré à la plus grande profondeur.

En conclusion, les facteurs qui permettent d'envisager l'existence *en profondeur* de minerais radioactifs dans les venues cobaltifères des deux « boutonnières » précambriennes de Bou Azzer et El Graara, présentent les mêmes caractéristiques géologiques, tectoniques et métallogéniques que celles observées jusqu'ici dans les gisements cobalto-uranifères déjà connus dans le monde.

Il n'est pas téméraire de prévoir, dans un avenir plus ou moins éloigné, l'apparition des minerais de l'uranium dans les gisements de cobalt de Bou Azzer et El Graara.

MÉTALLOGÉNIE. — *Sur la présence de wolframite en bordure du massif granitique de Tafraout (Anti-Atlas occidental, Maroc).* Note de M. **Pierre Leblanc**, présentée par M. Paul Fallot.

La wolframite, jusqu'ici inconnue dans tout le domaine de l'Anti-Atlas, a été découverte dans la partie Nord-Est de l'auréole métamorphique du granite de Tafraout, dans les filons de quartz à muscovite et à rares feldspaths, en relation avec le pointement granitique d'Idikel.

Le massif granitique de Tafraout, situé dans la partie occidentale de l'Anti-Atlas, à une centaine de kilomètres au Sud-Est d'Agadir, constitue le fond d'une dépression d'axe Nord-Est-Sud-Ouest. Il est entré dans une puissante série de schistes et de quartzites qu'il a métamorphisés en schistes à mica et à andalousite; des migmatites sont très développées au Nord-Est et au Sud-Est.

Au Nord de ce massif, dans la zone des migmatites, au voisinage du village d'Idikel, apparaît un petit pointement de granite à biotite et à muscovite, légèrement orienté.

La scheelite a déjà été signalée ([1]) dans des fonds de batées recueillis, au cours d'une mission dirigée par M. L. Thiébaut, dans les alluvions de l'Asif n'Oulili, qui débute près d'Idikel, puis borde au Nord le massif granitique de Tafraout.

La wolframite a été découverte en place, au voisinage du pointement granitique d'Idikel, dans des filons de quartz recoupant des schistes métamorphiques mouchetés de cristaux de magnétite.

Ces filons, au nombre d'une quinzaine, sont irrégulièrement répartis dans une zone d'environ 1 km². Ils sont subverticaux et, le plus souvent, obliques à la stratification. Les affleurements sont courts, ne dépassant pas une quarantaine de mètres de longueur. Leur puissance varie de quelques centimètres à 40 cm.

La wolframite se présente le plus souvent en grosses lamelles, disposées de préférence près des épontes; parfois, elle se trouve en cristaux individualisés, pouvant atteindre plusieurs centimètres. De la scheelite secondaire se trouve en enduits sur les surfaces et dans les fissures des cristaux de wolframite, permettant de déceler cette dernière avec la lampe de Wood.

La paragénèse comporte : de la pyrite altérée peu abondante, de rares cubes de fluorine violette et de l'hématite; on observe, en outre, quelques enduits de malachite et d'azurite.

La gangue est constituée par du quartz, blanc à gris clair, peu géodique, contenant de la muscovite en quantité notable et de rares feldspaths roses.

La liaison de cette minéralisation avec le pointement granitique d'Idikel apparaît nettement sur le terrain. Par ailleurs, ce dernier n'est sans doute qu'une apophyse du massif de Tafraout. Ce massif est postérieur à la série de schistes et de quartzites, qui est attribuée par MM. G. Choubert et L. Neltner au Précambrien II ([2]). Par contre, on ne possède actuellement aucun argument décisif permettant de situer sa mise en place dans le temps par rapport au Précambrien III qui, constitué par un conglomérat de base, de tufs et de grès, vient recouvrir en discordance le Précambrien II.

Au Maroc, jusqu'à présent, la wolframite n'était connue en place que dans le domaine atlasique, en liaison avec des granites hercyniens. Sa découverte en bordure du massif de Tafraout constitue un fait nouveau qui

---

([1]) J. AGARD et F. PERMINGEAT, *Notes et Mém. Serv. Géol. du Maroc*, nº **87**, 1952, chap. I, p. 37.

([2]) *Comptes rendus*, **206**, 1938, p. 1579.

apparaît d'autant plus intéressant que la présence de scheelite a été signalée dans des fonds de batées recueillis dans d'autres boutonnières précambriennes de l'Anti-Atlas, dont la prospection reste à faire.

SÉDIMENTOLOGIE. — *Observations sur le milieu anaérobie de la lagune Ébrié (Côte-d'Ivoire).* Note de M. **Jacques Debyser**, transmise par M. Pierre Pruvost.

Les observations et les mesures ci-dessous ont été faites dans la lagune Ebrié [1] durant la saison sèche, du 6 février au 6 avril 1950, avant l'ouverture du canal de Vridi. Trois bouées, dans la baie de Cocody, marquaient l'emplacement de stations fixes. Quatre-vingt-quatre stations secondaires ont été faites à bord du « Muddy » dans les divers secteurs de la lagune.

Les mesures de chlorinité ont permis de distinguer quatre zones distinctes :

A. Un secteur localisé à l'embouchure du grau de Grand Bassam où dominent les influences marines.

B. Un secteur s'étendant de l'île Bouet à Abra au Nord-Est, et jusqu'à Eloka au Nord, où il existe encore une marée saline dont l'amplitude est à Mossou de 3 ‰ en chlore.

C. Un secteur compris entre l'île Vitré et l'extrémité Ouest de l'île Boulay où la chlorinité s'abaisse en surface jusqu'à des valeurs de l'ordre de 2 ‰.

D. Une zone à l'Est de l'île Boulay où les conditions sont pratiquement lacustres.

Le secteur C présente, du point de vue sédimentologique, les conditions intéressantes suivantes.

Hydrologie. — La chlorinité, faible en surface, augmente avec la profondeur. Cette stratification des eaux dépend de la topographie sous-marine de la lagune; les eaux salées s'accumulent dans des cuvettes d'où elles ne peuvent s'échapper. La différence de densité des eaux de surface et des eaux du fond, en empêchant les courants de convection, favorise la création de conditions anaérobies.

La teneur en oxygène dissous diminue rapidement avec la profondeur : élevée en surface, bien que les eaux soient légèrement sous-saturées, elle s'annule entre 3 ou 4 m. L'activité photosynthétique, mesurée par la méthode de Marshall et Orr 1928 [2], est importante dans les eaux superficielles. La production d'oxygène est sensible jusqu'à 3 m, la profondeur de compensation se trouvant entre 3 et 4 m. Ceci dénote une importante production phytoplanctonique en surface, confirmée d'ailleurs par l'examen direct du plancton.

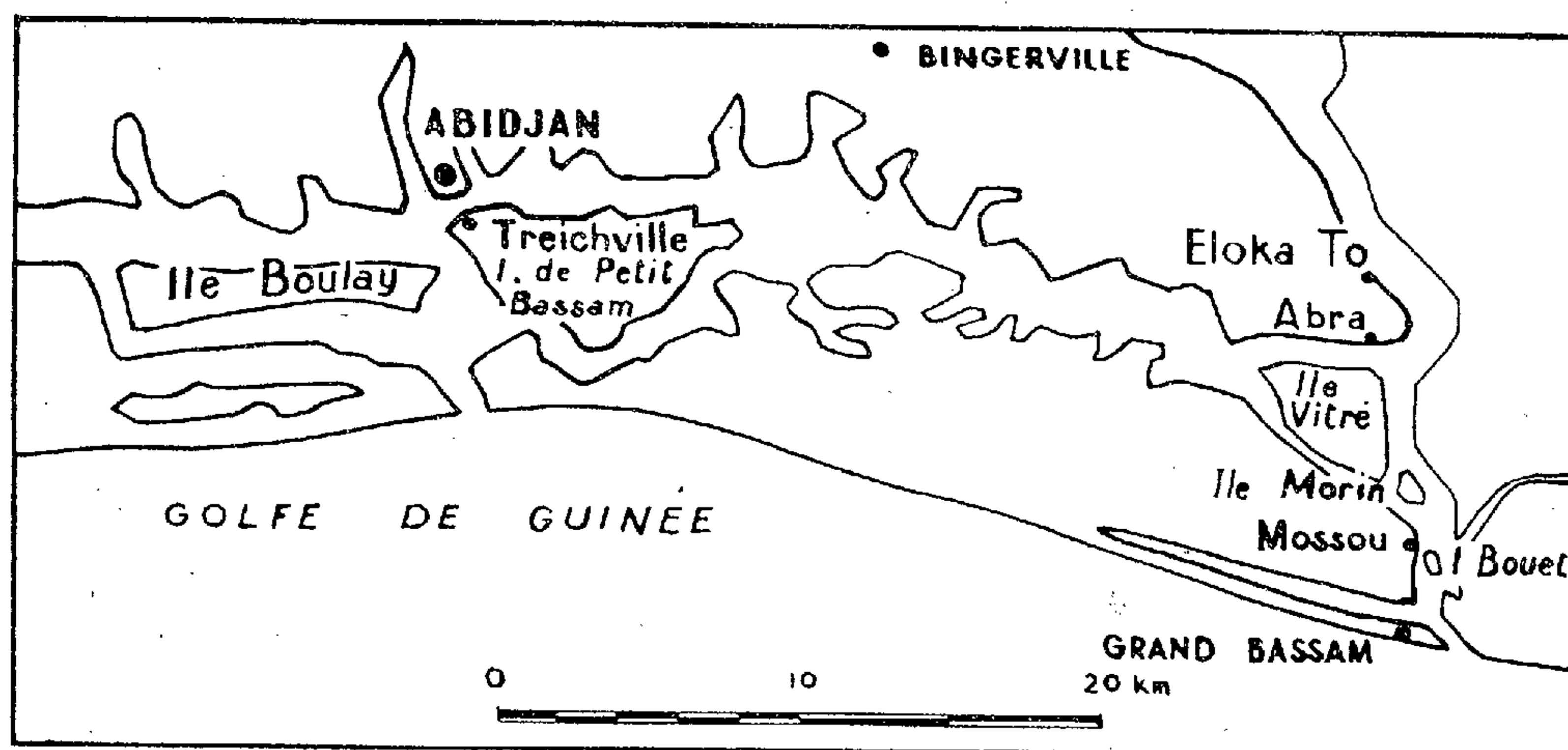
---

(1) Mission du Centre de Recherches et d'Études océanographiques et de l'Institut français du Pétrole, exécutée avec la collaboration de l'Institut français d'Afrique Noire et du Service des Câbles Sous-Marins.

(2) *J. Mar. Biol. Ass.*, 15, 1928, p. 321-360.

La teneur en hydrogène sulfuré dissous est liée indirectement à la stratification des eaux; cette dernière permet le développement des conditions anaérobies favorables à la prolifération des germes réduisant les sulfates. Plus la différence de densité entre les eaux de surface et les eaux du fond est grande, plus la teneur en hydrogène sulfuré est élevée. Cette teneur en hydrogène sulfuré, nulle à la profondeur de compensation, croît rapidement vers le fond.

Un tel milieu où des eaux superficielles riches en plancton surmontent directement des eaux réductrices où la matière organique ne peut subir que des transformations anaérobies, est éminemment favorable à l'accumulation d'un sédiment riche en matière organique.



Lagune Ébrié (secteur Est).

Sédimentation. — Dans ce secteur, les sédiments, sables aussi bien que vases, sont réducteurs. La vase est extrêmement riche en sulfures qui se présentent au microscope, soit sous forme de globules de 5 à 20 μ, qui tapissent parfois les débris organiques, soit sous forme de petits cristaux de pyrite. En certains endroits (Baie d'Abou Abou), le sédiment est exclusivement constitué de frustules de Diatomées planctoniques et benthiques qui proviennent de la zone oxygénée.

La vase du fond de la lagune peut avoir une épaisseur supérieure à 10 m (sondage des Ponts et Chaussées). Au-dessous se trouvent des horizons sableux, un niveau latéritique et des vases anciennes indurées, vraisemblablement, elles aussi, lagunaires.

Bactériologie. — L'examen de la flore bactérienne de la vase, entrepris simultanément sur le terrain et à l'Institut Pasteur par B. Callame (3)

(3) *Ann. Inst. Pasteur*, **80**, 1951, n° **1317**, p. 438.

d'une part, Winogradsky et Appert ([4]) d'autre part, a permis de mettre en évidence les divers groupes physiologiques du cycle du soufre.

Bactéries sulfato et sulfito réductrices : *Vibrio desulfuricans;*

Bactéries sulfito réductrices : dominance de *Clostridium caproicum;*

Thiorhodacées : *Amæbobacter granula, Amæbobacter bacillosus, Rhabdochromatium, Chromatium* sp.

Bactéries productrices d'hydrogène sulfuré par désulfhydrilisation de la matière organique.

En outre, les vases contenaient de nombreux germes glucidolytiques, lipidolytiques, protéolytiques et dénitrifiants.

Ces quelques observations doivent être rapprochées de celles qui ont été faites en d'autres milieux réducteurs, tels que les lagunes du Gulf Coast, la Mer Noire, les limans russes, les fjords norvégiens.

Les caractéristiques hydrologiques, bactériologiques et sédimentologiques de la lagune Ébrié sont comparables à celles qui ont dû régner sur la bordure interne de certains « shœstring » pétrolifères, comme ceux de Bartlesville et de Burbank dans l'Oklahoma et le Kansas ([5]).

Depuis le canal de Vridi met largement en communication la lagune avec la mer. Il serait souhaitable d'effectuer à nouveau des mesures pour savoir quelle a été l'évolution de ce milieu spécial.

RADIOMÉTÉOROLOGIE. — *Interprétation d'un type particulier d'écho de radar.* Note de M[me] **Arlette Vassy** et M. **Étienne Vassy**, présentée par M. Pierre Lejay.

J. Broc ([1]) a observé au-dessus de la mer à l'aide d'un radar émettant sur une longueur d'onde de 3,2 cm, dans un cône de 3° axé sur l'horizontale, un type d'écho en l'absence de nuages dont aucune explication n'avait été proposée jusqu'à maintenant. Ayant eu la possibilité d'observer ce phénomène au cours de l'été 1952 et d'examiner tous les documents relatifs aux observations de J. Broc s'échelonnant sur les années 1950, 1951, 1952, nous sommes en mesure d'avancer une interprétation possible de ce curieux phénomène.

Le fait que les échos dits sans nuages aient été observés plusieurs fois au moins par vent fort (de l'ordre de 10 m/s) suppose un brassage de

([4]) *Ann. Inst. Pasteur*, **81**, 1951, n° **1317**, p. 347.

([5]) Bass, Leatherock, Dillard et Kennedy, *Bull. Amer. Ass. Petr. Geol.*, **21**, 1937; **1**; p. 30-66.

([1]) *Comptes rendus*, **232**, 1951, p. 2034.

l'atmosphère tel qu'aucune hétérogénéité locale dans l'indice de réfraction de l'air ne puisse exister et donner lieu à une réflexion de l'onde incidente.

De plus, c'est un caractère général que l'observation d'échos dits sans nuages correspond à une mer agitée, donnant au radar des échos de vagues jusqu'à des distances de plusieurs milles marins. On est donc amené à supposer que les échos sans nuages seraient des échos de vagues produits à des distances le plus souvent supérieures à celle de l'horizon géométrique ou radioélectrique par suite de phénomènes de super-réfraction. Cette hypothèse paraît confirmée par l'observation dans des directions voisines de celles des échos sans nuages d'obstacles naturels (montagnes, caps) ou de bateaux n'apparaissant pas normalement à ces distances. Les échos sont donc accompagnés d'une propagation super-normale et en outre on n'observe plus rien au delà des échos.

Il ne peut s'agir de réflexions du signal par les masses montagneuses situées en arrière de l'émetteur, car l'observation en « scope A » montre toujours l'écho de vague à courte distance suivi de l'écho dit sans nuage à distance plus grande.

Nous avons examiné à l'aide du calcul les possibilités de super-réfraction de toute la partie du faisceau située au-dessus de l'horizontale (demi-angle de 1°30′). En admettant une diminution de l'indice en fonction de l'altitude suivant une loi déterminée, on montre que la moitié supérieure du faisceau peut facilement être courbée jusqu'à venir au contact de la mer au delà de l'horizon géométrique et donner des échos de vagues par mer agitée.

Une difficulté se présente néanmoins, celle de la concentration de l'énergie en certaines régions de façon à compenser la diminution du champ due à la distance pour donner des échos lointains suffisamment intenses. Il nous a été possible de déterminer par le calcul une loi de variation de l'indice avec l'altitude telle que les trajectoires quittant le radar sous des angles avec l'horizontale variant entre 0 et + 1°30′ viennent converger en un seul point d'impact sur la mer [2]. Dans la nature, pareille loi n'est point rigoureusement suivie, mais on peut concevoir des distributions verticales de l'indice suffisamment voisines de cette loi pour donner lieu à une concentration de l'énergie produisant des échos analogues à ceux observés. Comme on doit s'y attendre dans un phénomène naturel, ces échos évoluent dans le temps tandis que se modifient les conditions de pression, de température et surtout d'humidité qui déterminent la valeur de l'indice. La convergence peut également se produire en deçà de l'horizon géométrique.

([2]) Le détail des calculs sera publié dans un autre recueil.

La possibilité de convergence explique aussi le fait qu'en faisant varier l'angle de site on n'observe pas de déplacement de l'écho lointain, mais seulement une variation de l'intensité par rapport à celle de l'écho proche.

Ajoutons, en outre, que parmi les deux explications invoquées pour la production d'échos de vagues : réflexion spéculaire ou réflexion par les gouttelettes, nous penchons en faveur de la première, car les sillages de bateaux donnent des échos très intenses et par contre les dimensions des gouttelettes constituant les embruns sont généralement inférieures à celles susceptibles de provoquer des échos avec la longueur d'onde utilisée.

BOTANIQUE. — *La phyllotaxie du* Linum usitatissimum *L.*
Note de M. **Lucien Plantefol**, présentée par M. Roger Heim.

Confirmant la phyllotaxie de deux autres espèces de *Linum*, deux types différents d'anomalies établissent l'existence de 3 hélices foliaires chez le *Linum usitatissimum*.

Les réalités phyllotaxiques ne peuvent le plus souvent être reconnues que grâce à l'étude des *anomalies*. On doit se demander quels renseignements apporte l'action du 2.4-D sur la phyllotaxie du *Linum usitatissimum* qui, du fait de ses insertions foliaires étroites, peut fournir un type de plante microphylle.

D'après la théorie classique, le *Linum usitatissimum* a une divergence de type 2/5, mais une même plante présente des variations de la disposition foliaire [D. M. Crooks (1), H. E. Hayward (2)]. Une étude phyllotaxique très précise a été faite par Katherine Esau (3) sur l'espèce voisine, *Linum perenne* : suivant les méthodes classiques, elle distingue deux réalisations : divergences 3/8 et 5/13. Mais comme les « orthostiques » choisies sont, en réalité, inclinées sur l'axe de la tige, et de sens quelconque, une telle spécification est en fait arbitraire.

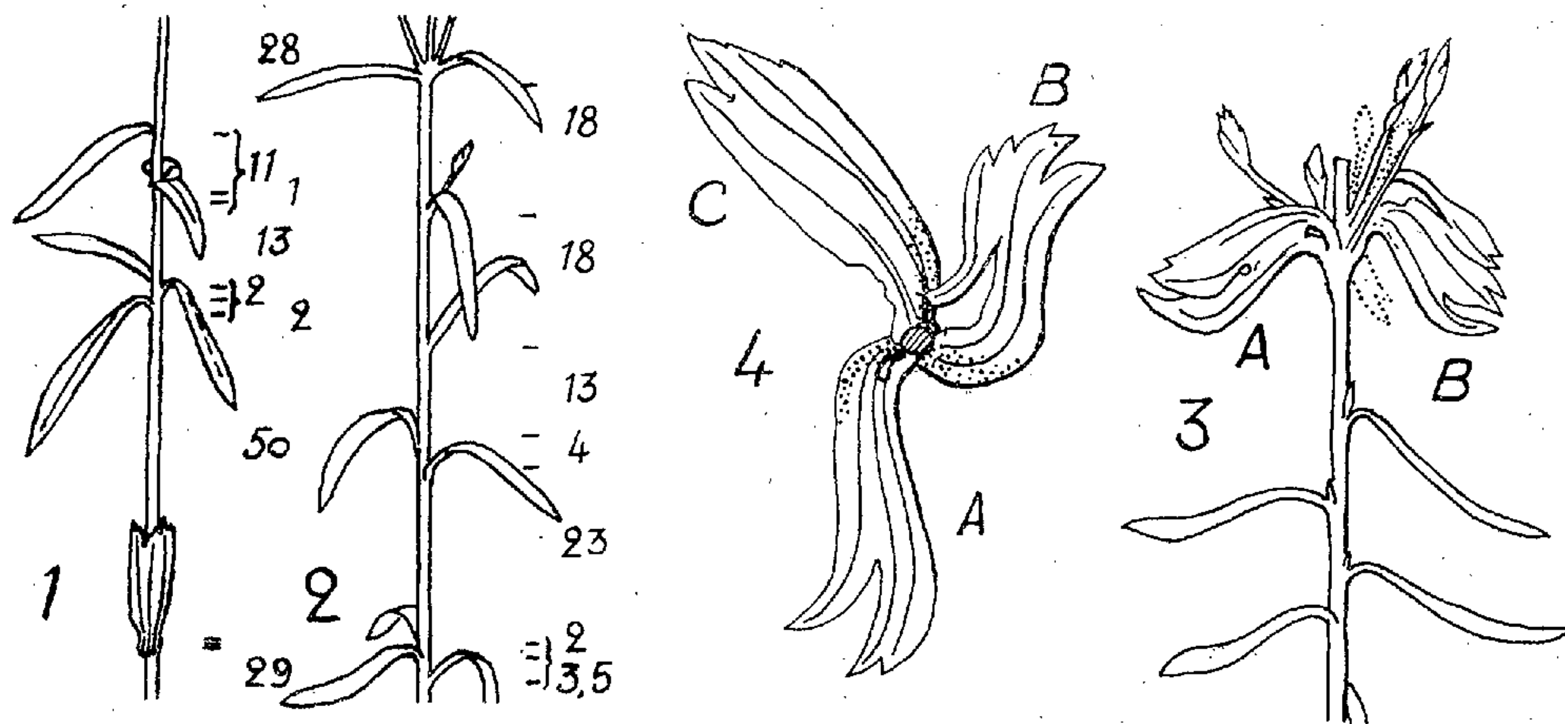
Dans ses études phyllotaxiques sur quelques espèces de *Linum*, A. Carton (4) a montré que, au delà des 2 *hélices foliaires cotylédonaires*, les *Linum perenne* et *grandiflorum* présentaient bientôt 3 *hélices* jusqu'au sommet de leur tige principale. Chez les *Linum usitatissimum* à tige grêle qu'elle a étudiés, le *tracé géométrique* pouvait comporter indifféremment 2 hélices avec contiguïté ou 3 hélices avec chevauchement. Faute d'anomalies à étudier, la question restait pendante.

Les Lins atteints par le 2.4-D montrent deux séries de phénomènes susceptibles de renseigner sur les *réalités phyllotaxiques*.

---

(1) *Bot. Gaz.*, 95, 1933, p. 209-239.
(2) *The structure of economic plants*, Mac Millan, New-York, 1938.
(3) *Amer. J. Bot.*, 30, 1943, p. 248-255.
(4) *Rev. gén. Bot.*, 55, 1948, p. 137-168.

1° Dans le cas où l'anneau initial tout entier vient d'être activé en donnant un cornet, il se restaure, puis forme *simultanément* 3 feuilles nouvelles qui demeurent libres, presque au même niveau, en un *pseudo-verticille.* Les feuilles suivantes constituent un second groupe de 3, plus disloqué déjà, puis il est fait progressivement retour à la disposition « spiralée » normale. Ce comportement ne peut s'expliquer que par la présence de 3 *centres générateurs de feuilles,* obligés par le 2.4-D à la production foliaire en cornet et revenant peu à peu à leur régime décalé normal.



Linum usitatissimum. — 1 et 2, le haut d'une tige au-dessus d'un cornet foliaire et jusqu'à l'inflorescence (en haut de 2). Sur cet échantillon, trois pseudo-verticilles de trois feuilles sont reconnaissables, marqués à droite par des accolades. Les nombres portés à droite de chaque tige indiquent les longueurs des entre-nœuds. 3 et 4, tige tératologique matérialisant, après action du 2.4-D, trois fragments d'hélices foliaires. En 3, la disposition « spiralée » normale chez le Lin est visible pour les cinq feuilles inférieures. Le sommet de la tige, développé normalement jusqu'à réalisation de l'inflorescence pendait fané contre la tige. Deux ou trois bourgeons à l'aisselle de chaque lame hélicoïdale ont commencé à se développer en rameaux latéraux. En 4, les trois lames hélicoïdales vues par dessus; la partie ombrée est le bas de chaque lame.

2° Un cas de réaction particulièrement aberrante fournit une autre démonstration de la présence de 3 *hélices foliaires.* La tige porte à un niveau donné, insérées en hélice à sa surface, 3 lames présentant 2 bords latéraux réguliers, parallèles aux nervures qui les parcourent, une extrémité libre comportant plusieurs pointes où parviennent les nervures principales. La base de chaque limbe montre en son milieu une déchirure qui y ouvre une fenêtre triangulaire. L'insertion est beaucoup plus longue que dans le cas de feuille isolée activée par le 2.4-D et chaque lame comporte au moins une indentation profonde, suggérant qu'il y a soudure de 2 feuilles au moins. A l'aisselle de chaque lame, 2 ou 3 bourgeons suivant le cas ont donné des rameaux latéraux après chute du bourgeon terminal de la tige.

Les 3 pièces libres à insertion hélicoïdale apparaissent comme 3 *fragments d'hélices foliaires* provenant d'un développement simultané, mais indé-

pendant, de 3 secteurs de l'anneau initial. Elles rappellent, par leur organisation, les feuilles soudées par leurs pétioles suivant les hélices foliaires dans le cas d'une *Beta maritima* décrite par Richards (5).

On peut donc conclure à l'*existence normale de 3 hélices foliaires* sur la tige adulte du *Linum usitatissimum*, confirmant les résultats établis par A. Carton sur les plantes normales des 2 espèces voisines : *Linum perenne* et *Linum grandiflorum*.

GÉNÉTIQUE. — *Nouveaux dénombrements chromosomiques chez les Iris.* Note de M. **Marc Simonet**, présentée par M. Louis Blaringhem.

Une quarantaine d'espèces d'*Iris* sont étudiées cytologiquement, et les résultats obtenus font ressortir certaines relations d'ordre cytogénétique, notamment la grande homogénéité des *Oncocyclus*. Le nombre chromosomique de base est retrouvé chez une espèce méditerranéenne, et parmi les *Iris bulbeux* un nombre nouveau pour le genre *Iris* est découvert, ce qui porte à 23 les différents nombres connus, soit une série aneuploïde des plus typiques.

Durant ces vingt dernières années nous avons réussi à introduire dans nos collections une quarantaine d'espèces d'*Iris*, devenus très rares dans les jardins; certains, après nos études, ont même complètement disparu, leur culture étant trop délicate, sous le climat de Paris. Des numérations chromosomiques ont été effectuées au fur et à mesure des introductions et sont consignées dans la présente Note; ils font suite aux dénombrements déjà donnés dans l'Appendice de notre Thèse d'Ingénieur-Docteur (1).

Dans notre exposé, l'origine du matériel et l'année de l'étude sont indiquées entre parenthèses à la suite du nom de l'espèce. Les espèces étudiées appartiennent à la plupart des Sections des Iris bulbeux et rhizomateux.

Iris rhizomateux. Apogon : *Syrian Group* Dykes. — $2n = 24$: *I. Aschersoni* Fost. (Lemperg, 1934) et *melanostica* Bornm. (Dinsmore, 1934).

Unguiculares Group Dykes. — $2n = 38$: *I. unguicularis* Poir. var. *speciosa* Hort. (Miss Ellis, 1937); $2n = 32$: *I. lazica* Albow (Sir W. Lawrence, 1933 et V. Tubergen, 1937).

Oncocyclus. — $2n = 20$: *I. antilibanotica* Dinsm., *atrofusca* Bak., *auranitica* Dinsm., *basaltica* Dinsm., *Biggeri* Dinsm., *hauranensis* Dinsm., *Helenæ* Barb., *hermona* Dinsm., *kasruwana* Dinsm., *nazarena* Dinsm., *nigricans* Dinsm., *samariæ* Dinsm. et *Westii* Dinsm. Toutes ces espèces nous ont été envoyées en 1934 par M. Dinsmore de Jérusalem.

Pseudoregelia. — $2n = 22$: *I. kumaonensis* Wall. (J. B. Kew, 1934).

(5) Growth (Symposia II), 1948, p. 217-245.

(1) *Ann. Sci. Nat.* (*Botanique*), 16, 1934, p. 229.

PSAMMIRIS. — $2n = 26$: *I. Bloudowii* Bunge (Vilmorin, 1935).

POGONIRIS NAINS. — $2n = 16$: *I. pseudopumila* Tineo var. *discolor* Fiori et *parnormitana* Todaro (Sentini, 1934); $n = 12$ et $2n = 24$: *I. Reichenbachii* Heuff. (Lemperg, 1933 et J. B. Sofia, 1932) et *balkana* Janka (Lemperg, 1932); $n = 24$ et $2n = 48$: *I. balkana* Janka (J. B. Dahlem, 1938).

POGONIRIS GRANDS. — $2n = 24$: *I. varbosiana* (J. B. Kew, 1933) et *Perrieri* Nobis (Perrier de la Bathie, 1931); $2n = 44$: *I. germanica* L. var. *Fontarabie* Dykes (V. Tubergen, 1930); *Biliotti* Foster (Denis, 1930) et *Bartoni* Foster (Denis, 1930); $2n = 48$: *I. germanica* L. var. *Askabadensis* Dykes (V. Tubergen, 1930), *Belouini* Bois et Cornuault (Meunissier, 1934) et *Junonia* Schott et Kotschy (Denis, 1934).

IRIS BULBEUX. JUNO. — $2n = 21$: *I. Willmottiana* Fost. var. *alba* Hort. (V. Tubergen, 1948); $2n = 26$: *I. vicaria* Uveden (V. Tubergen, 1948); $n = 25$ et $2n = 50$: *I. Græberiana* (V. Tubergen, 1948).

XIPHION. — $2n = 32$: *I. filifolia* Boiss. (Brooks, 1934); $2n = 36$: *I. Boissieri* Henr. (Fernandez, 1950); $2n = 30$: *I. Species* 119 (Brooks, 1934); $2n = 50$: *I. Species* 117 (Brooks, 1934).

BAKERIANA. — $2n = 20$: *I. Bakeriana* Fost. (V. Tubergen, 1934).

Les résultats qui viennent d'être exposés portent à environ 170 le nombre des espèces d'*Iris* qui ont déjà fait l'objet de nos dénombrements chromosomiques. De plus, la presque totalité des possibilités offertes par les collections actuelles pour de nouvelles études cytologiques se trouvent épuisées. La recherche de types disparus et l'introduction en culture d'espèces nouvelles permettra notamment l'obtention de variétés inédites parmi les Iris de jardins.

De ces recherches nouvelles, on peut constater un certain nombre de relations cytogénétiques.

IRIS RHIZOMATEUX. — Ainsi, chez les *Apogon* du groupe *Unguiculares*, l'observation de $2n = 32$ chez l'*I. lazica*, considéré par W. Dykes ([2]) comme une variété de l'*I. unguicularis*, indique que ce dernier *Iris* est une espèce polymorphe possédant plusieurs races caryologiques, puisque $2n = 36$ et 38 y ont déjà été signalés dans quelques-unes de ses formes.

Par contre, la grande homogénéité déjà observée pour les ONCOCYCLUS est confirmée; les 13 espèces examinées ayant toutes le même nombre $2n = 20$ de chromosomes et le même idiogramme; toutefois, chez l'*I. nazarena*, un élément montre un point de constriction (centromère) submédian au lieu d'être terminal ou subterminal.

Une nouvelle Section des *Iris* PSEUDOREGELIA a été étudiée; le nombre chromosomique noté est identique au nombre diploïde trouvé chez les

([2]) *The Genus* Iris, Cambridge University Press, 1913.

Regelia et les Psammiris auxquels l'*I. kumaonensis* est apparenté; l'idiogramme de cette espèce est sensiblement différent.

En ce qui concerne les Pogoniris nains, l'*I. pseudopumila* de Sicile, à $2n = 16$, possède le nombre chromosomique de base des *Iris* tout comme l'*I. attica* de Grèce, ce qui confirme que l'origine des *Iris* paraît bien appartenir au bassin méditerranéen. Signalons encore que les *I. Reichenbachi* à fleurs jaunes et *balkana* à fleurs pourpres que Dykes réunit en une seule et même espèce sont tous deux à $n = 12$ et $2n = 24$; mais, en outre, il existe chez ce dernier une forme autotétraploïde à $n = 24$ et $2n = 48$ caractérisée par du gigantisme floral.

Chez les Pogoniris grands, les *I. Askabadensis*, *Junonia* du proche-Orient et *Belouini* du Maroc qui sont tétraploïdes montrent un même gigantisme par rapport aux types diploïdes auxquels ils sont alliés. Ils mériteraient d'être utilisés comme géniteurs dans l'amélioration des *Pogoniris* horticoles.

Iris bulbeux. — Juno $n = 25$ et $2n = 50$ pour les Xiphion sont de nouveaux nombres chromosomiques, les plus élevés de ces deux Sections et inédits dans le genre *Iris* (3). Les deux *Species* de Xiphion (nos 117 et 119) à $2n = 30$ et 50, des environs de Tanger, et les races caryologiques déjà connues de l'*I. tingitana* semblent indiquer que ce groupe Nord-Africain est en pleine voie d'évolution dans le Nord du Maroc où l'*I. tingitana*, en particulier, est parfois extrêmement abondant dans les plaines humides du littoral atlantique.

CHIMIE DU SOL. — *Agitation permanente des ions phosphoriques retenus par une argile de sol.* Note (*) de M. **Georges Barbier** et Mlle **Edwige Tyskiewzic**, présentée par M. Albert Demolon.

Dans une Note antérieure (1) l'un de nous a étudié la réversibilité de la fixation des phosphates dans le sol : la majeure partie, sinon la totalité, des ions phosphoriques retenus par des argiles, du moins par certains types courants, demeure extractible par des réactifs à action faible (acides et alcalis dilués) et susceptible de participer, dans les conditions naturelles, aux équilibres entre adsorbant et solvant. Nous préciserons ici ces observations, en établissant que les ions phosphoriques retenus par une argile de sol se permutent continuellement entre eux et avec ceux demeurés en solution.

(3) $n = 8$, 9, 10, 11, 12, 13, 14, 15, 16, 17, 18, 19, 20, 21, 22, 23, 24, 25, 36, 41-42, 42, 43-44 et 54-56.

(*) Séance du 10 novembre 1952.

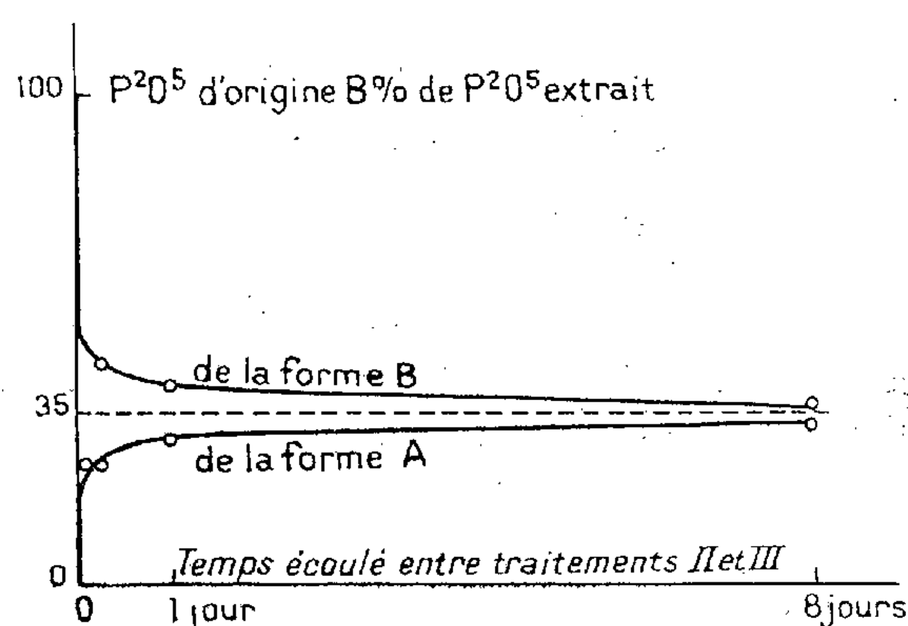
(1) *Comptes rendus*, 225, 1947, p. 1178.

Un sous-sol de limon neutre, non calcaire, a été agité pendant 15 jours avec une solution neutre de phosphate calcique radioactive (P^{32}), renouvelée plusieurs fois. Après séparation du sol et dessiccation à l'air, on a dosé P_2O_5 extractible par un acide dilué (forme A), puis, après épuisement de celui-ci, P_2O_5 extractible par un alcali dilué (forme B).

P_2O_5 extrait par		SO_4H_2 0,002 N.	KOH 0,005 N.
En milligramme, par kilogramme de terre		430	182
Pour-cent de P_2O_5 extrait.	P_2O_5 ajouté (P_{32})	82	80
	P_2O_5 préexistant (P_{31})	18	20

P_2O_5 ajouté et P_2O_5 préexistant dans le sol se trouvaient donc sensiblement en même proportion dans les deux formes envisagées.

Plusieurs prises d'essai de cette terre ont été d'abord rapidement lessivées par SO_4H_2 0,002 N (traitement I), puis immédiatement reneutralisées par $Ca(OH)_2$ et additionnées d'une solution de phosphate calcique (traitement II) de telle sorte que la terre absorbe approximativement la même quantité de P_2O_5 (non radioactif) que celle enlevée par le traitement acide précédent.



Puis, après un temps variable d'agitation des suspensions, la terre a été épuisée par SO_4H_2 et KOH dilués comme précédemment (traitement III). La figure représente en fonction du temps la proportion de P_2O_5 d'origine B (radioactif) trouvée dans chacun des deux liquides d'extraction. Elle montre que les ions phosphoriques restés dans le sol après l'épuisement acide, tendent à se mélanger complètement avec ceux ajoutés ensuite : et cela bien qu'il n'y ait pas eu transport d'une masse notable de P_2O_5 d'une forme à l'autre (P_2O_5 acidosoluble et P_2O_5 alcalosoluble sont demeurés sensiblement constants). La limite commune des deux séries de valeurs trouvées pour la répartition, environ 35 %, n'est pas très différente de la proportion obtenue par voie chimique : $182 : (430 + 182) = 30$ %. La légère infériorité de cette valeur sur la limite en question peut tenir à

ce que le mode opératoire adopté pour les extractions ne comporte qu'une courte durée de contact (30 m) et ne parvient pas de ce fait à séparer la totalité de P_2O_5 retenu après l'extraction acide.

Nous avons étudié, par ailleurs, l'allure de la permutation des ions phosphoriques (marqués), ajoutés en solution avec ceux préexistant dans le sol, phénomène qui s'observe même si le système reste en équilibre. D'abord très rapide, elle progresse ensuite lentement, selon une loi analogue à celle des mouvements de masse de P_2O_5 d'une phase à l'autre. Ce fait confirme que, dans le sol étudié, l'absorption lentement croissante de l'acide phosphorique (rétrogradation), ne conduit pas à une fixation irréversible, puisqu'elle s'accompagne d'un passage progressif en solution d'ions phosphoriques préexistant dans le sol.

Conclusion. — Les faits exposés permettent de préciser la notion de fraction mobile ou diffusible (ou assimilable) du stock de P_2O_5 du sol. Cette fraction peut être déterminée, sans modifier l'état naturel des liaisons des ions phosphoriques, d'après l'importance de leur échange contre une quantité connue d'ions phosphoriques marqués ajoutés. Cette technique présente l'avantage, sur la plupart des méthodes chimiques, notamment celles aux acides dilués, de ne pas faire une sélection parmi différentes formes de P_2O_5 en équilibre mutuel dans les conditions naturelles et présentant, en conséquence, la même activité.

CYTOPHYSIOLOGIE. — *Étude de la localisation du système enzymatique acétylant dans la cellule hépatique.* Note (*) de MM. **Jean Chauveau** et **Le van Hung**, présentée par M. Pierre-P. Grassé.

Les auteurs montrent que le système enzymatique d'acétylation est localisé dans le cytoplasme dispersé de la cellule hépatique du Pigeon, les microsomes, mitochondries et noyaux en sont totalement dépourvus.

L'importance des réactions d'acétylation dans le métabolisme cellulaire ressort clairement d'un ensemble de recherches faites ces dix dernières années notamment par Lipmann, Ochoa, Lynen, Novelli, Kornberg, etc.

L'objet de ce travail est de localiser par fractionnement cellulaire le système enzymatique d'acétylation dans la cellule hépatique.

Partie expérimentale. — Nous avons utilisé le foie de Pigeon à cause de sa grande activité [1].

1° *Fractionnement.* — L'animal ayant jeûné une nuit, est tué par décapitation et le foie prélevé immédiatement est soumis au fractionnement suivant

---

(*) Séance du 10 novembre 1952.

(1) F. Lipmann, *J. Biol. Chem.*, 160, 1945, p. 173.

la technique de Chauveau et Clément ([2]); le liquide de dispersion utilisé a été soit le saccharose à 8,5 %, soit le Ringer-phosphate (pH 7,4); en conséquence les temps et les vitesses de centrifugation ont été modifiés selon les données de Schneider ([3]).

Centrifugation initiale	90 m à 40 000 g
Noyaux (dépôt et deux lavages)	10 m à 600 g
Mitochondries (id)	10 m à 8 500 g
Microsomes (id)	60 m à 18 000 g

Toutes les manipulations sont conduites aseptiquement et à la température maxima de + 2°.

2° *Dosages*. — On soumet au fractionnement un foie entier. 2 cm³ d'homogénat sont réservés comme témoin. Chaque fraction est reprise dans une quantité de Ringer-phosphate égale au volume de la fraction cytoplasme homogène. Les dosages sont effectués sur 2 cm³ de chaque suspension additionnée de 50 γ d'acide paraaminobenzoïque (PAB). Après incubation ([4]) de 2 h 30 à 3 h à 37°, puis déprotéinisation par l'acide trichloracétique à 20 %, le taux d'acétylation dans le filtrat est déterminé suivant la technique de Bratton et Marshall ([5]).

3° *Résultats*. — *a*. Une étude préliminaire portant sur le culot global de structures d'une part, et sur la phase cytoplasmique homogène de l'autre, nous a permis de comparer l'influence du milieu d'homogénéisation (saccharose 8,5 % ou Ringer-phosphate), ce qui nous permet d'écarter certaines objections théoriques. Les deux milieux nous ont donné des résultats superposables (tableau I), ce qui nous a conduits pour la commodité des dosages à adopter dans toutes les expériences suivantes du Ringer-phosphate (le saccharose donnant après hydrolyse une coloration empêchant de bons dosages colorimétriques).

TABLEAU I.

Taux d'acétylation après 3 h (en %).

		Homogénat.	Totalité des structures.	Cytoplasme.
Saccharose 8,5 %	Pigeon I	38	0	46
	Pigeon II	72	0	68
Ringer-phosphate	Pigeon III	78	0	82
	Pigeon IV	78	0	82

([2]) *Arch. Soc. Phys.*, 5, 1951, p. 277.

([3]) *J. Biol. Chem.*, 176, 1948, p. 259.

([4]) Lorsqu'on a utilisé le saccharose à 8,5 %, les suspensions dans le saccharose sont additionnées de tampon phosphate avant l'incubation.

([5]) *J. Biol. Chem.*, 128, 1939, p. 537.

Dès l'abord cette étude préliminaire nous a donc montré l'absence complète d'activité des structures *et une activité sensiblement la même pour la phase cytoplasme dispersée et l'homogénat.*

b. L'étude détaillée avec fractionnement complet des structures a confirmé la présence de l'enzyme d'acétylation uniquement dans la phase cytoplasmique homogène (tableau II).

Remarquons que l'emploi d'une solution saline conduit inévitablement à une agglutination des structures et à l'impossibilité de purifier complètement chaque fraction, mais aucun type de structure n'ayant jamais révélé d'activité, cette non-purification se trouve ici être sans inconvénient.

TABLEAU II. — *Taux d'acétylation après* 3 h (en %).

		Homogénat.	Noyau.	Mito-chondries.	Micro-somes.	Cytoplasme.
Saccharose 8,5 %.	Pigeon V	45	0	0	0	43
Ringer-phosphate.	Pigeon VI	68	0	0	0	55
	» VII......	80	0	0	0	82
	» VIII.....	72	0	0	0	85
	» IX......	81	0	0	0	92

D'autre part nous nous sommes assurés que cette absence d'activité acétylante des différentes structures ne tenait pas au fait que le coenzyme A indispensable à l'acétylation serait passé en totalité dans la phase cytoplasmique. En effet, l'addition de ce Co A préparé suivant la technique de Lipmann ([6]), aux fractions inactives (noyaux, mitochondries, microsomes), ne modifie pas les résultats. Étant donné que l'activité du broyat total et celle du cytoplasme dépourvu de structures sont tout à fait du même ordre, nous sommes en droit de conclure que :

Dans la cellule hépatique, le système enzymatique d'acétylation est localisé dans la phase cytoplasmique homogène; les structures sont dépourvues de toute activité acétylante.

BIOLOGIE MARINE. — Olpidiopsis Feldmanni *sp. nov., Champignon marin parasite d'Algues de la famille des Bonnemaisoniacées.* Note de M. **Anwar Abdel Aleem**, présentée par M. Roger Heim.

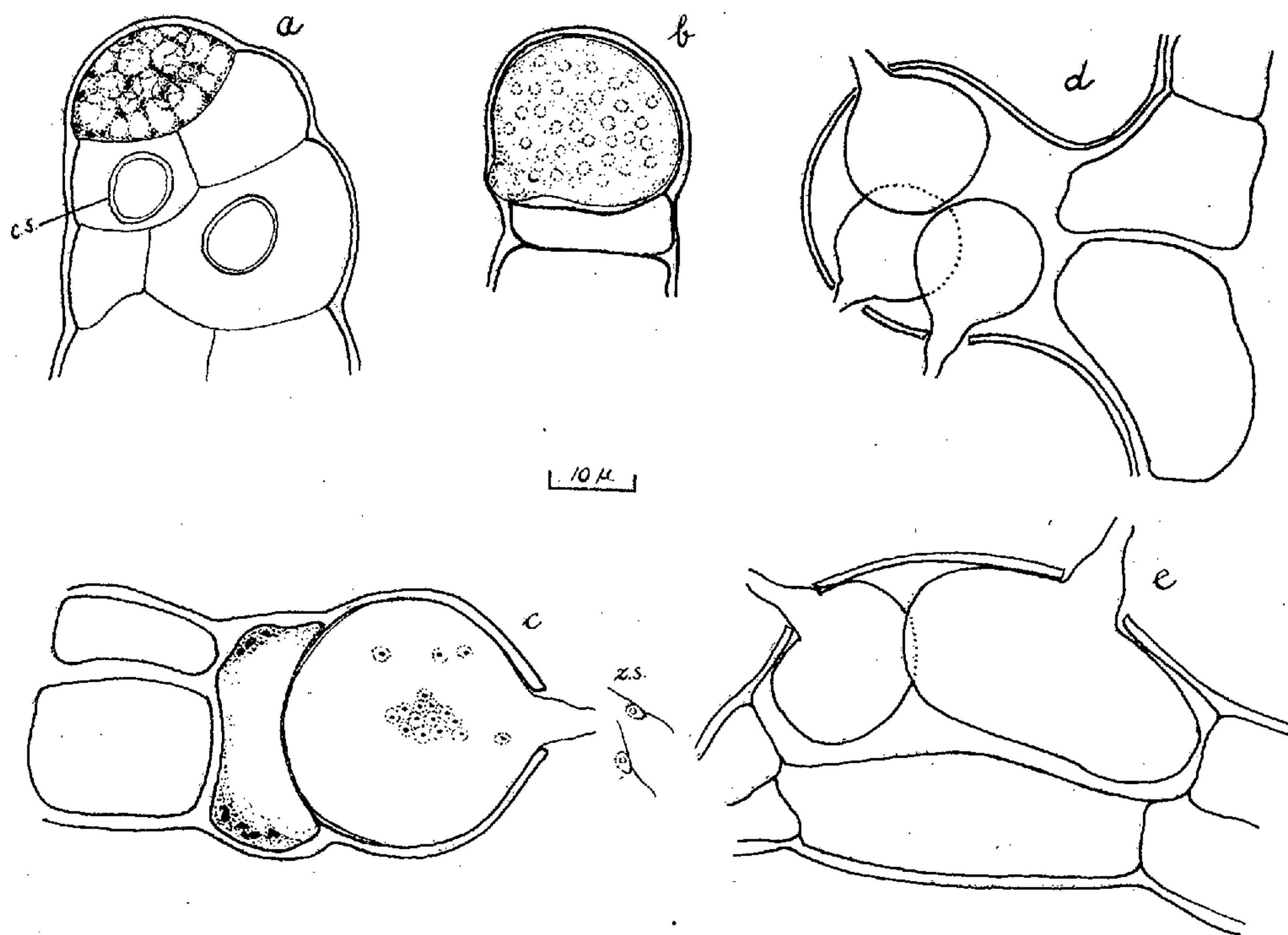
Des dragages effectués pendant le mois de mai, sur fond rocheux à Banyuls, par 25 à 30 m de profondeur, ont rapporté une grande quantité d'une Algue rouge, *Falkenbergia rufolanosa* (Harv.) Schmitz (*Bonnemaisoniaceæ*), épiphyte sur les troncs et les rameaux de *Cystoseira*. Dans

([6]) F. Lipmann, N. O. Kaplan, G. D. Novelli et L. C. Tutle, *J. Biol. Chem.*, 186, 1950, p. 235.

certains dragages, plus de 70 % des cellules apicales des frondes de *Falkenbergia* étaient attaquées par un Phycomycète que nous rapportons au genre *Olpidiopsis* (Cornu) emend. Sparrow.

Le parasite (*fig. a, e*) envahit également les autres cellules de la plante.

Les premiers symptômes de l'attaque se manifestent par l'apparition de nombreuses vacuoles de tailles différentes dans les cellules malades, puis d'une hypertrophie de ces cellules et la disparition de leur pigment.



a : vacuolisation d'une cellule apicale infectée; *b* : différenciation des zoospores; *c* : sporange mûr émettant les zoospores; *d* : trois sporanges dans un jeune rameau latéral; *e* : deux sporanges dans une cellule péricentrale âgée. Noter l'hypertrophie des cellules parasitées; *cs*, cellules sécrétrices; *zs*, zoospores dessinées à main levée.

Bien qu'en général un seul sporange se développe dans chaque cellule parasitée, dans quelques cas on rencontre deux ou trois sporanges dans une même cellule. Dans les cellules apicales de l'Algue, le sporange est, le plus souvent, de forme sphérique avec un diamètre de 15 à 30 (35) μ; des sporanges subsphériques ou oblongs se rencontrent dans les parties plus âgées de la fronde; ils mesurent alors 30 à 40 (50) μ de long sur 20 à 25 μ de large.

L'émission des zoospores s'effectue par un tube de décharge unique, rarement 2 ou 3, court et conique, mesurant 2 à 4,5 μ de large et environ 5 à 10 μ de long. Les zoospores sont arrondies ou légèrement piriformes et

renferment chacune une gouttelette réfringente. De très petite taille, elles mesurent 2 à 2,5 μ de long sur 1,5 à 2 μ et possèdent deux flagelles égaux et dirigés en sens opposé l'un à l'autre. Elles sortent directement du sporange sans enkystement préalable et présentent un mouvement de balancement caractéristique.

L'infection se fait par un tube ténu et l'enveloppe vide de la cellule infectante ne persiste pas sur la membrane de l'hôte.

Le même parasite, déterminant les mêmes symptômes, a été également observé sur des individus de *Trailliella intricata* Batters, dragués dans le Gullmar Fjord (côte occidentale de la Suède) pendant l'été 1950, mais, à cette époque, nous n'avons pu étudier les zoospores en détail. Chez les *Trailliella*, les cellules apicales sont également très fréquemment attaquées.

Les *Falkenbergia* et les *Trailliella* parasités étaient stériles; dans les deux cas, nous n'avons observé aucun stade de résistance du parasite.

Ce Champignon diffère, en particulier, de l'*Olpidiopsis sphacellarum* (Kny) Sparrow [1], dont il semble se rapprocher beaucoup, par ses zoospores plus petites et ses tubes de décharge coniques et plus étroits. En outre, le contenu cellulaire des hôtes de ces deux espèces étant de nature très différente, cette distinction doit avoir une influence sur le métabolisme de leur parasite.

Il est assez intéressant de constater la présence d'un même parasite sur deux plantes morphologiquement très différentes, mais qui présentent cependant entre elles des affinités systématiques, toutes deux étant des tétrasporophytes de *Bonnemaisoniaceæ* [2].

La naturalisation et l'extension du *Falkenbergia* et du *Trailliella* sur les côtes occidentales d'Europe ont été étudiées par de nombreux auteurs. Leurs tétraspores sont produites à une époque très limitée de l'année et, pendant le reste du temps, elles sont entièrement stériles. Dans ces conditions, une attaque par l'*Olpidiopsis* aussi intense que celle observée à Banyuls, doit entraîner une diminution importante du nombre des individus et peut-être aussi avoir pour effet de limiter l'extension de ces Algues dans le temps et dans l'espace.

CHIMIE BIOLOGIQUE. — *Élimination par échange d'ions d'impuretés indésirables dans l'acide glutamique*. Note de M. **Géza Austerweil** et Mme **Janine Delort-Stachenko**, présentée par M. Maurice Javillier.

L'acide glutamique devient de plus en plus un stimulant fortifiant ajouté à la nutrition générale, notamment à celle des enfants; sa pureté

---

(1) *Aquatic Phycomycètes* (*Univ. Mich. Public. Ann Arbor*, 1943).

(2) J. et G. Feldmann, *Ann. Sc. Nat., Bot.*, 11e série, 3, 1942, p. 75-175.

a donc de l'importance. Or, il s'avère que la plupart des acides glutamiques vendus, entre autres ceux provenant de certains déchets (gluten, mélasses) contiennent, quoique incolores et cristallisés, une impureté indésirable : le lactame de cet acide, l'acide pyrolidone-carbonique (pyroglutamique). Comme tout lactame, c'est un produit toxique, les lactames étant, en général, les stades intermédiaires du passage des aminoacides en alcaloïdes.

On peut aisément se rendre compte de la présence de ce lactame dans l'acide glutamique cristallisé, en en soumettant les solutions à un test chromatographique, d'après Rutter ([1]) légèrement modifié. De pareils chromatogrammes présentent toujours deux courbes circulaires parallèles, lorsqu'ils sont obtenus par le phénol saturé d'eau et développés à la ninhydrine; l'une, rosâtre, l'autre violet bleuâtre. Si l'on prépare le chromatogramme avec le lactame seul (que l'on peut obtenir pur en distillant l'ester éthylique de l'acide glutamique, qui se cyclise par perte d'alcool en ester du lactame que l'on saponifie ([2]) et dont on détermine le R_f ([3]), on trouve que ce dernier est identique, pour des pH identiques, au R_f du cercle intérieur de couleur rosâtre du chromatogramme obtenu avec de l'acide glutamique du commerce, ce qui indique l'identité de cette impureté avec le lactame produit synthètiquement à partir de l'acide glutamique.

Pour séparer cette impureté, on filtre à chaud les solutions de l'acide glutamique commercial à travers des échangeurs de cations, car, d'une façon inattendue, l'acide glutamique, malgré son caractère acide, se fixe par sa « queue » aminée qui prédomine, sur un échangeur de cations, tandis que le lactame traverse ces échangeurs partiellement sans réagir. Les chromatogrammes de l'effluent du début n'y indiquent, par une courbe circulaire unique, que la présence seule de ce lactame, l'acide glutamique retenu sur l'échangeur ne paraissant dans les effluents que bien plus tard, après qu'il aura saturé l'échangeur. Lorsque le chromatogramme d'une fraction de l'effluent commence à indiquer l'acide glutamique par sa couleur violette obtenue avec la ninhydrine, on arrête le passage du liquide original. On peut alors obtenir l'acide glutamique fixé sur l'échangeur et débarrassé de sa teneur en lactame, soit en lavant la colonne d'échangeur par une solution de soude ou de baryte, ce qui donne des glutamates purs que l'on peut recristalliser tels quels ou les amener au pH 3,2, si l'on désire l'acide, soit en lavant les échangeurs par des solu-

---

([1]) *The Analyst*, 1948, p. 435.

([2]) E. Fischer et Bochner, *Ber.*, 44, II, 1911, p. 1333.

([3]) A cet effet, on photographie le chromatogramme sur papier, à la lumière de Wood, laquelle indique visiblement la périphérie de la courbe due au phénol, qui est fluorescente, tout en éclairant aussi les courbes dues au produit.

tions d'acides plus ou moins forts, même organiques ([4]) en ramenant ensuite ces solutions au pH 3,2, point isoélectrique de précipitation cristalline de l'acide glutamique. Ce dernier, ainsi obtenu, a toutes les caractéristiques de l'acide pur; son chromatogramme, à une seule courbe bleu-violette, indique toute absence de lactame indésirable.

En procédant lors de la préparation de l'acide glutamique à partir de la glutamine, forme où il se trouve dans ses matières premières, par une hydrolyse ménagée, à l'aide de bases d'alcalinité modérée et de courtes durées d'hydrolyse appropriées, on peut diminuer la formation du lactame, dont la présence est due à une hydrolyse trop poussée.

PHARMACODYNAMIE. — *Activité adrénolytique, noradrénolytique et sympatholytique comparée de quelques β-phénoxyisopropylamines*. Note (*) de MM. **Michel Polonovski, Henri Schmitt** et **André Pelou**, présentée par M. Maurice Javillier.

L'étude des propriétés pharmacodynamiques des β-phénoxyisopropylamines ([1]) nous a montré que certains dérivés (N-éthyl-, N-éthanol-, NN-diéthyl-, N-pentaméthylène β-phénoxyisopropylamines) sont, à doses relativement fortes, des hypotenseurs adrénolytiques. Il était intéressant de comparer leur action sur les effets des médiateurs chimiques, adrénaline et noradrénaline, et sur l'excitabilité directe ou réflexe des nerfs sympathiques.

Nous avons constaté que tous ces dérivés diminuent, suppriment ou inversent l'action de l'adrénaline (0,001 à 0,005 mg/kg) sur la pression artérielle du Chien chloralosé. Il faut atteindre des doses plus fortes pour diminuer ou supprimer l'action de la noradrénaline (0,001 à 0,005 mg/kg); mais dans aucun cas, il n'y a inversion.

La suppression des effets hypertenseurs de la stimulation du nerf splanchnique nécessite des doses encore plus élevées, en général doubles de celles exigées pour l'abolition des effets de la *d-l*-noradrénaline.

Quant au réflexe hypertenseur provoqué par l'occlusion des carotides, il est encore moins affecté par l'injection de β-phénoxyisopropylamines.

Aux faibles doses (1 à 2 mg/kg), elles augmentent plus ou moins les effets hypertenseurs de l'excitation électrique ou réflexe du sympathique. On n'observe jamais cette potentialisation, ni avec l'adrénaline, ni avec la noradrénaline (*fig.* 1).

([4]) Austerweil, *Bull. Soc. Chim.*, 1948, p. 951.

(*) Séance du 3 novembre 1952.

([1]) H. Schmitt, A. Pelou et M. Pesson, *C. R. Soc. Biol.*, 146, 1952, p. 214.

L'étude des effets de ces corps sur la contraction de la membrane nictitante du Chat permet de distinguer trois cas :

a. Le dérivé NN-diéthyl- réduit aussi bien les effets de l'adrénaline que ceux de l'excitation de la chaîne sympathique cervicale.

b. Le dérivé N-éthyl- réduit mieux les effets de l'adrénaline que ceux de l'excitation du sympathique.

c. Les dérivés N-pentaméthylénique et N-éthanol- accroissent légèrement, à faibles doses (1 à 2 mg/kg) et abolissent, à fortes doses (10 mg/kg) l'action de l'adrénaline. Cependant les effets de l'excitation des fibres

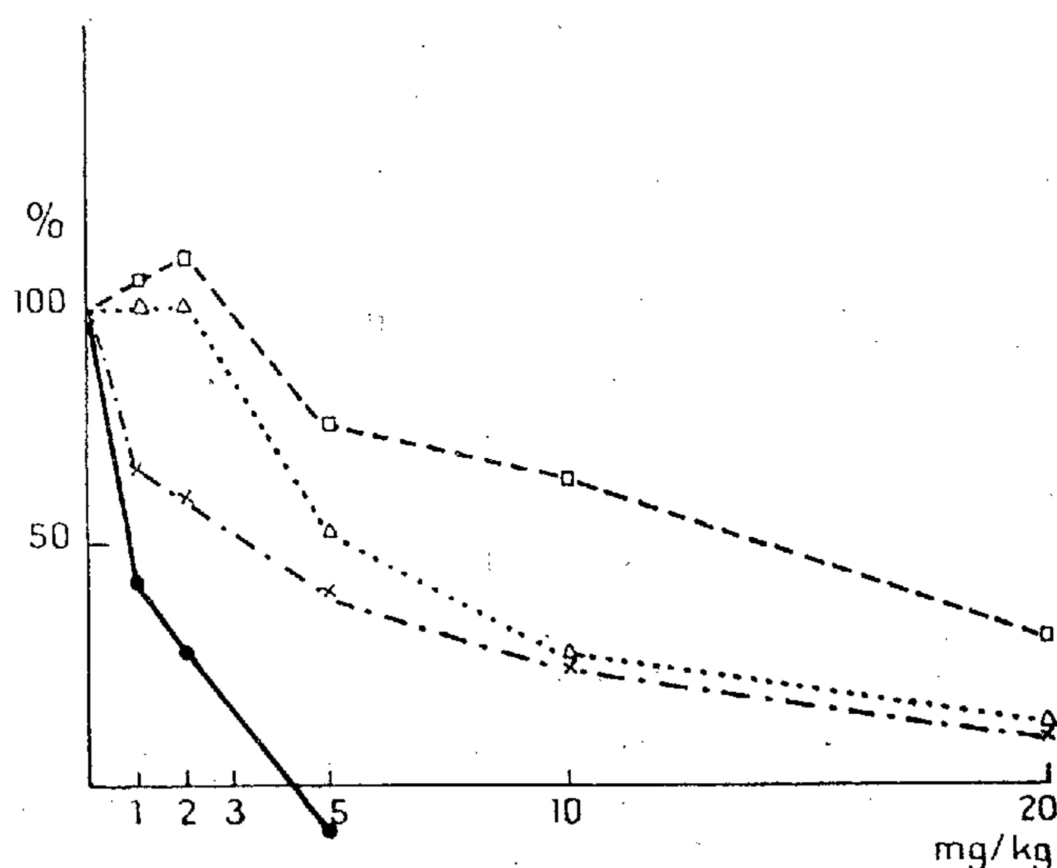


Fig. 1.

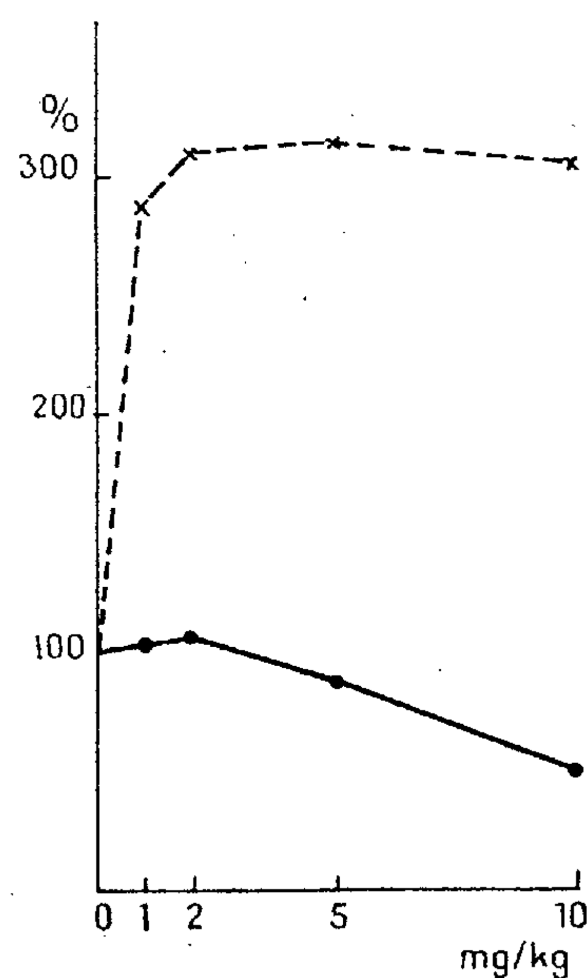


Fig. 2.

Fig. 1. — Chien 7 kg; chloralose : 12 cg/kg, atropine : 2 mg.
Abscisses : dérivé N-pentaméthylènique. *Ordonnées :* 100 % = hypertension initiale.
——— 0,001 mg/kg adrénaline. -·-·-· 0,001 mg/kg noradrénaline.
······ stimulation du splanchnique. ------ occlusion des carotides.

Fig. 2. — Chat 3,500 kg; chloralose : 8 cg/kg.
Abscisses : dérivé N-pentaméthylènique. *Ordonnées :* 100 % = hauteur initiale de la contraction de la membrane nictitante.
——— 20 µg adrénaline. ------ stimulation du sympathique cervical.

pré- ou post-ganglionnaires du sympathique cervical sont fortement accrus (200 à 300 %) (*fig.* 2). La potentialisation des effets de la stimulation nerveuse est d'autant moins importante que la contraction adrénalinique est plus réduite. L'action de la noradrénaline est également augmentée, mais dans des proportions moindres.

Ces faits peuvent être rapprochés des études de Bacq ([2]), ([4]), de Vleeschhouver ([3]), différenciant les effets de l'adrénaline de ceux de la stimulation des nerfs sympathiques. Nos corps, et d'une manière générale, tous les sympatholytiques, suppriment les effets de l'adrénaline ou de la noradrénaline plus facilement que ceux de l'excitation des nerfs sympathiques.

La séance est levée à 16 h.

L. B.

([2]) Z. M. Bacq et D. Bovet, *Arch. Int. Pharmac.*, 50, 1935, p. 315.
([3]) *Arch. Int. Pharmac.*, 50, 1935, p. 251.
([4]) A. M. Monnier et Z. M. Bacq, *Arch. Int. Physiol.*, 50, 1935, p. 485.



ACADÉMIE DES SCIENCES.

SÉANCE DU LUNDI 24 NOVEMBRE 1952.

PRÉSIDENCE DE M. ALBERT CAQUOT.

MÉMOIRES ET COMMUNICATIONS
DES MEMBRES ET DES CORRESPONDANTS DE L'ACADÉMIE.

BALISTIQUE. — *Sur les sifflements de projectiles et bruits d'avions en vitesse supersonique.* Note de M. ERNEST ESCLANGON.

Nous avons distingué ([1]), dans les ébranlements acoustiques engendrés par un mobile en mouvement dans l'air (projectile ou avion), deux catégories distinctes : ceux à *évolution uniforme*, c'est-à-dire se répétant semblables à eux-mêmes aux divers points de la trajectoire et donnant lieu à l'onde et aux détonations balistiques; ceux à *évolution périodique* (tourbillons de l'arrière, moteurs, hélices, etc.) dont, pour chacun d'eux, la période s'étend sur un petit arc de trajectoire. Que devient, pour un observateur P, la perception acoustique de ces derniers, en vitesse supersonique ?

Soit, sur la trajectoire, S le centre correspondant à la détonation balistique perçue en P, NN′ un petit arc voisin de S, parcouru pendant la période T d'un ébranlement périodique. Les ébranlements engendrés sur l'arc NN′ parviennent bien simultanément en P, mais dans toutes les phases correspondant à la période T. Ils s'y ajoutent algébriquement et, de ce fait, la périodicité est anéantie. Si la moyenne ainsi opérée pendant la période T n'est pas nulle, elle s'intègre dans la formation de l'onde balistique. Au point de vue sonore, le sifflement, ou le bruit d'avion supersonique, débute donc à la détonation balistique, avec une intensité nulle. D'autre part, ces ébranlements périodiques sont, pour l'observateur P, soumis au principe de Doppler-Fizeau, ce qui entraîne que leur début, à la détonation balistique, se fait sur un ton infiniment aigu, pour s'abaisser ensuite; mais le timbre lui-même est modifié, d'une manière variable, au cours de la trajectoire, variable aussi selon la position de l'observateur.

([1]) ESCLANGON, *Comptes rendus*, 235, 1952, p. 1177.

Deux observateurs différemment placés peuvent entendre un même sifflement de façon très différente. Ces circonstances se trouvent bien vérifiées pour les projectiles; reste à savoir si elles se conservent pour les avions supersoniques, en raison de l'ampleur des ébranlements et de leurs réactions mutuelles qui ne permettent plus d'être assuré de leur indépendance dans leur composition et propagation.

Un effet curieux observé pour les projectiles, et quelque peu inexplicable, demandera à être étudié avec les avions supersoniques.

Soit toujours, sur la trajectoire, S le centre de la détonation balistique perçue en P. Les ébranlements engendrés par le mobile, en *aval* de S sur la trajectoire, parviennent en P dans le même ordre chronologique que leur production et constituent le *sifflement direct*, normalement perçu. Mais les ébranlements engendrés, en *amont* de S, parviennent aussi en P après la détonation balistique et dans un ordre chronologique inverse de celui de leur production. On peut appeler *sifflement rétrograde* l'effet acoustique qui doit en résulter en P. Or, pour les projectiles d'artillerie, et quel que soit leur calibre, ce sifflement reste imperceptible. Nous en avons fait un grand nombre de fois la constatation au polygone d'artillerie navale de Gavre. Une expérience cruciale, consistant à supprimer le sifflement direct pour ne laisser subsister que le sifflement rétrograde, ne laisse aucun doute à ce sujet.

Un canon de 305 tire à 18 000 m, sous un angle de 16°, un projectile, non chargé, de 400 kg avec une vitesse initiale de 815 m/s. La vitesse, de 365 m à la chute, reste, sur toute la trajectoire, supérieure à celle du son. La durée du trajet est de 37 s, celle de la propagation du son, à partir du point de départ, de 54 s. Le poste d'observation est situé au voisinage immédiat du point de chute. Or, après l'arrivée du projectile, qui coïncide ici avec la détonation balistique, silence absolu, alors que pendant 17 s aurait dû exister le sifflement rétrograde.

A quoi tient cette absence, ou tout au moins une si faible perceptibilité du phénomène? L'explication reste difficile. Au surplus, l'application du principe de Doppler-Fizeau, lorsque la source sonore se déplace vers l'observateur, avec une vitesse radiale supérieure à celle de la propagation, est-elle toujours légitime, quelle que soit la période en jeu ou la nature physique du phénomène.

L'étude, à ces divers points de vue, de l'acoustique des avions supersoniques présentera un intérêt spécial, par le fait que les trajectoires pourront comporter une plus grande diversité que celle des projectiles.

Mentionnons, à titre d'exemple, les circonstances suivantes : Le centre S sur la trajectoire, correspondant à la détonation balistique perçue en P, jouit de cette propriété que la vitesse radiale du mobile vers l'observateur (suivant SP), y devient égale à celle du son. Or, on peut imaginer des

trajectoires pour lesquelles, en tous leurs points M, cette condition soit réalisée, trajectoires impossibles avec les projectiles, mais possibles avec les avions. Tous les ébranlements de la trajectoire, ou du moins sur une très large étendue, parviennent alors simultanément au point P qui pourrait être considéré ici comme une sorte de *foyer* de l'onde balistique. Le cas le plus simple serait celui d'un avion se dirigeant, en ligne droite, vers un observateur P, avec la vitesse du son (2). On conçoit que, dans de telles conditions, l'accumulation des effets acoustiques devienne beaucoup plus considérable et donne lieu à des détonations acoustiques particulièrement puissantes.

GÉODÉSIE. — *Contribution à l'établissement des bases du réseau gravimétrique africain.* Note de MM. **Pierre Lejay, Jean Martin** et **Claude Blot**.

Extension du réseau de 1951 par 162 stations nouvelles. Comparaison avec les résultats obtenus par d'autres observateurs.

Ces mesures, exécutées du 27 février au 8 juillet 1952 au cours de la deuxième mission gravimétrique africaine de l'Office de la Recherche Scientifique Outre-Mer, étendent et complètent le réseau établi en 1951 (1).

Le même gravimètre North-American n° 124 a été utilisé; son étalonnage, refait dans les mêmes conditions, a montré une très légère variation du coefficient; sa dérive a toujours été extrêmement faible; les erreurs de fermeture, comprenant la totalité de la dérive, sont en général de quelques centièmes de milligal; une seule fois l'erreur de fermeture atteint 23/100 de milligal.

176 stations ont été faites (dont 84 principales sur les aérodromes et dans les observatoires) : 105 en A. O. F. (réseaux plus serrés au Sénégal et en Mauritanie), 32 en A. E. F., 24 en Afrique du Nord, 9 en territoire étranger, 6 en France.

162 stations sont entièrement nouvelles; 14 avaient été déjà faites en 1951, ce qui a permis une comparaison des résultats obtenus au cours des deux campagnes : on retrouve des valeurs de g identiques à Niamey, Douala et Brazzaville; différant de 0,1 milligal à Pointe-Noire, de 0,2 milligal à Bangui et de 0,3 milligal à Fort-Lamy (différence maxima).

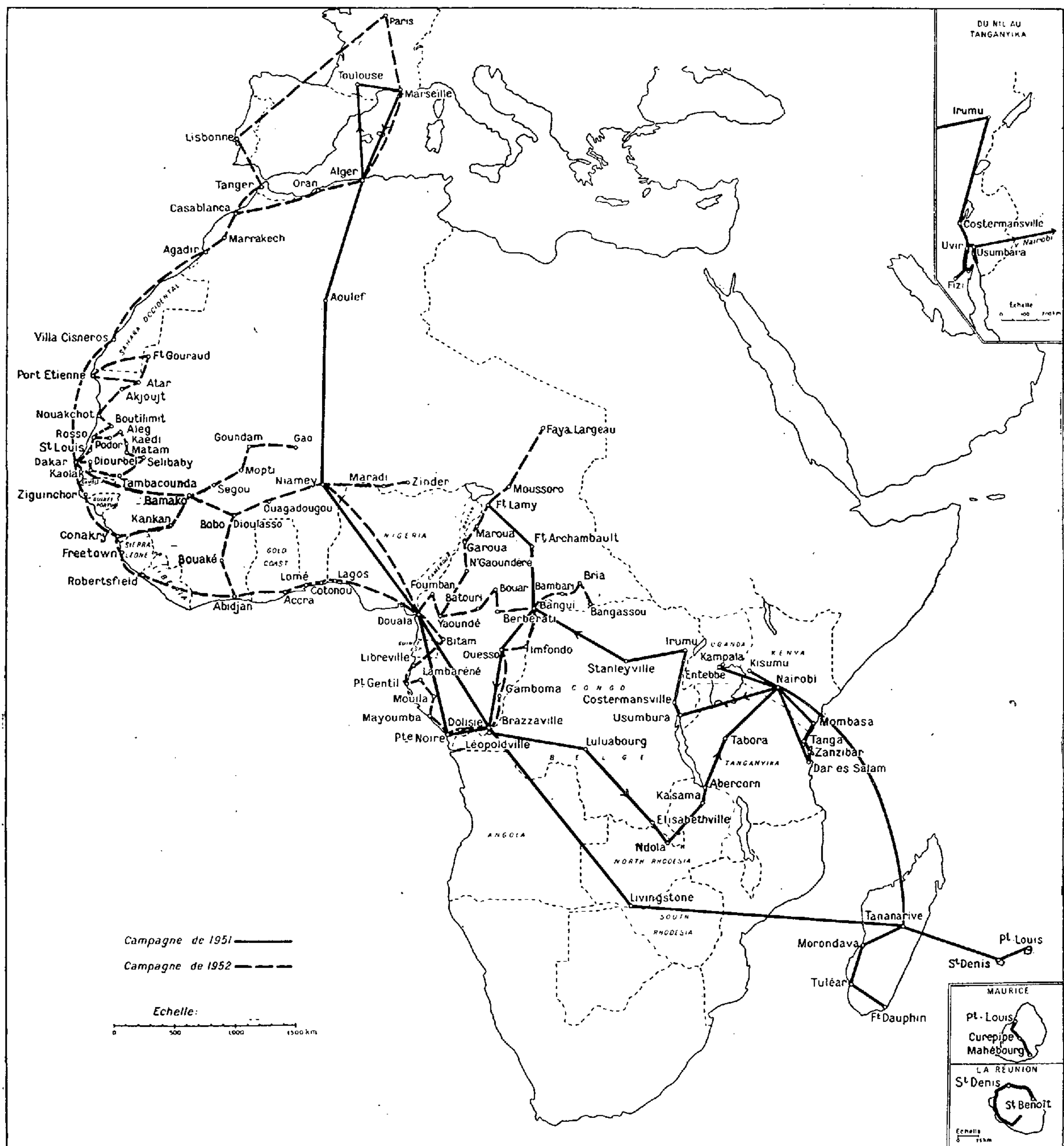
Les deux réseaux de 1951 et 1952 peuvent donc être considérés comme

---

(2) Sans doute, les effets acoustiques sont-ils d'autant plus intenses que la vitesse est plus notablement supersonique. Dans ce cas, avec une vitesse supposée constante, la trajectoire répondant aux conditions ci-dessus, serait une spirale, où portion de spirale (la tangente faisant un angle constant avec le rayon vecteur, issu de P).

(1) Mme Françoise Duclaux et J. Martin, *Comptes rendus*, 233, 1951, p. 847.

formant un réseau homogène unique : le réseau Orsom, comprenant au total 283 stations distinctes.



Un travail récent de Woollard ([2]) donne les valeurs de g en 18 stations

([2]) *World Wide Gravity Measurements*, Woods Hole Oceanographic Institution, Réf. n° 52-59, juillet 1952.

communes d'Afrique et de Madagascar; ces valeurs, obtenues avec des gravimètres Worden présentant une forte dérive, sont inférieures à celles du réseau Orsom de 0,6 à 1,0 mgal en 11 stations, et de 1,2 à 2,3 mgal en 7 autres stations, ces dernières toutes groupées dans l'Est africain britannique.

Valeurs de g aux principales stations (campagne 1952).

Base : Piliers de l'ancienne salle de pesanteur de l'Observatoire de Paris $g = 980\,943{,}0$ mgal.

Aérodromes d'A. O. F.		*Aérodromes d'A. E. F.*	
Dakar (Yoff)	978 480,1	Douala	978 051,5
Saint-Louis	461,3	Bitam	977 882,6
Rosso	448,7	Libreville	978 041,9
Boutilimit	513,9	Port-Gentil	079,5
Nouakchott	589,6	Lambaréné	010,4
Akjoujt	622,4	Mouila	977 998,2
Atar	619,2	Tchibanga	998,0
Fort-Gouraud	757,4	Mayoumba	978 098,1
Port-Étienne	711,5	Pointe-Noire	031,4
Aleg	528,4	Dolisié	977 964,6
Kaedi	499,4	Brazzaville	946,0
Matam	464,6	Gamboma	927,8
Sélibaby	353,4	Impfondo	930,5
Tambacounda	340,6	Bangui	916,3
Kaolak	371,8	Bambari	922,0
Diourbel	374,2	Bria	927,0
Ziguinchor	313,1	Bangassou	916,9
Conakry	228,7	Berberati	910,2
Kankan	100,9	Bouar	818,1
Abidjan	075,4	Batouri	918,2
Bouaké	072,6	Yaoundé	866,3
Lomé	166,0	N'Gaoundéré	817,2
Cotonou	148,6	Garoua	978 103,4
Bamako	208,3	Maroua	112,5
Ségou	237,8	Fort-Lamy	184,4
Mopti	320,7	Moussoro	234,6
Goundam	395,3	Faya-Largeau	448,8
Gao	368,5		
Bobo-Dioulasso	125,3	*Aérodromes étrangers.*	
Ouagadougou	202,0	Freetown (Sierra Leone)	978 201,8
Niamey	269,2	Robertsfield (Libéria)	112,4
Maradi	204,3	Accra (Gold Coast)	118,8
Zinder	198,1	Lagos (Nigéria)	132,4

Un autre travail récent de Sanders ([3]) donne le résultat des mesures pendu-

([3]) *Mesures gravimétriques pendulaires en Belgique et au Congo belge* (*Commun. de l'Obs. Roy. de Belgique* n° 46, 1952.)

laires effectuées en 3 stations communes du Congo Belge. Les valeurs de Sanders, rapportées à la valeur $g = 981\,132{,}0$ pour Uccle, valeur la plus probable d'après les déterminations modernes ([4]), ([5]), s'écartent des valeurs du réseau Orsom de $+1{,}7$ mgal à Léopoldville, de $+2{,}0$ mgal à Elisabethville et de $-2{,}9$ mgal à Costermansville. Compte tenu de la dispersion habituelle des mesures pendulaires, peut-être exagérée un peu ici par un appareillage et une technique peu modernes, ces nouveaux résultats belges n'infirment pas l'exactitude de l'étalonnage employé pour le réseau Orsom.

CHIMIE AGRICOLE. — *A propos de la lutte contre la décadence des cultures du Poivrier en Indochine et en Extrême-Orient.* Note de M. **Gabriel Bertrand.**

En présentant à l'Académie, dans la séance du 3 novembre 1952, une étude de M. Hubert Barat « Sur le dépérissement des Poivrières en Indochine », notre Confrère Auguste Chevalier nous a fait connaître l'état de décadence de plus en plus alarmant auquel la production du poivre menace de succomber si l'on n'y trouve pas sous peu un remède. Il s'est préoccupé depuis longtemps déjà de la question; devant l'échec des moyens mis jusqu'ici à l'essai, il se demande si le Poivrier n'aurait pas besoin de quelque oligoélément devenu inexistant dans les sols épuisés et il s'adresse à moi pour répondre ([1]).

D'après la description détaillée de notre Confrère, et tenant compte des récentes acquisitions de la Biochimie comparée, je considère au moins comme très vraisemblable l'hypothèse qu'il a émise.

Contre la dégénérescence du Poivrier, on a songé à enrichir le sol par des engrais à base d'azote, d'acide phosphorique et de potasse, on a corrigé aussi la réaction du sol, mais sans succès. Or, les besoins alimentaires du Poivrier comportent, comme pour toutes les plantes, bien d'autres éléments que les trois contenus dans les engrais classiques, ils exigent toute une série de métalloïdes et de métaux, dont le soufre, le bore, l'iode, parmi les premiers, le magnésium, le fer, le zinc, le manganèse, le cuivre, le cobalt, etc. parmi les seconds ([2]).

Tous ces éléments doivent se trouver réunis dans le milieu de culture

---

([4]) Carlo Morelli, *Taratura di due gravimetri Worden e collegamenti europei* (*Annali di geofisica*, IV, n° 4, 1951, p. 511).

([5]) Jean Martin, *Liaisons gravimétriques internationales* (*Congrès de l'U. G. G. I.*, Bruxelles, 1951).

([1]) *Comptes rendus*, 235, 1952, p. 993.

([2]) Tandis que l'azote, le phosphore et le potassium entrent en proportions importantes dans la composition des organismes, les derniers n'y existent qu'en très petites quantités, d'où leur appellation d'*oligoéléments*.

sous des formes assimilables et, de plus, dans certains rapports, variables selon les espèces.

Quand l'un d'eux, quel qu'il soit, vient à diminuer au delà d'une certaine valeur, la composition minérale de la plante cesse d'être normale : la croissance se ralentit, la résistance physiologique s'abaisse, des malformations apparaissent, les organes reproducteurs s'atrophient, souvent même des parasites, bactéries, champignons, insectes, s'installent, qui accélèrent la mort.

Ce tableau, qui résume les affections présentées le plus ordinairement par les plantes à la suite de diminution dans le sol de divers oligoéléments, rappelle celui que nous a décrit notre Confrère pour le Poivrier. Or, on a déjà réussi à lutter très avantageusement contre la maladie du cœur de la betterave, du rutabaga et de plusieurs autres plantes par l'introduction dans le sol de petites quantités d'acide borique (3), contre diverses affections de dégénérescence du citronnier, de l'oranger, du pommier, etc., par des apports, suivant les cas, de manganèse, de zinc, de cuivre, etc.

Des succès de ce genre sont de plus en plus souvent signalés. L'année dernière encore a paru dans les *Comptes rendus de l'Académie* une Note sur la régénération, par un mélange de certains oligoéléments, des plantations de Palmiers à huile du Moyen-Congo français (4).

On est donc en droit d'espérer une restauration prochaine des cultures du Poivrier en Indochine et en Extrême-Orient par une application judicieuse des oligoéléments (5).

MAGNÉTOOPTIQUE. — *Rotativité de la vapeur d'eau.* Note de M. René de Mallemann.

La rotativité de l'eau, calculée à partir de la rotation moléculaire du *liquide*, est

$$[\Omega]_M = 60,1\ \mu R \qquad \text{pour} \quad \lambda = 578\ m\mu,$$

valeur certainement exacte à un ou deux millièmes près.

En admettant l'invariance de la rotativité dans le changement d'état, il est possible d'évaluer la constante de Verdet, et par suite l'ordre de grandeur des

(3) *Voir* G. Bertrand : 1° *Chim. et Ind.*, 41, n° 3 *bis*, 1939, p. 27 E; 2° *Sucrerie belge*, 59, 1939, reproduit dans : *Ann. des Fermentations*, 5, 1939, p. 349 ou *Ann. agron.*, **9**, 1939, p. 548; 3° *L'emploi du bore contre la maladie du cœur de la betterave et d'autres carences végétales* (*C. R. du* 19e *Congrès de Chim. Industr.*, 1939, dans *Chim. et Ind.*, 45, n° 3 *bis*, 1941, p. 47).

(4) M. Ferrand, A. Bachy et M. Ollagnier, *Comptes rendus*, 233, 1951, p. 1218.

(5) *Voir* G. Bertrand, *Les oligoéléments dans la nutrition des Plantes* (*C. R. du* 9e *Congr. internat. Ind. agric.*, Rome, mai 1951).

rotations pratiquement réalisables pour la vapeur d'eau. On aurait

$$A_0^{760} = 60,1.10^{-6} : 224.10^2 = 2,683.10^{-9} \text{ rad.}$$
$$= 9,22.10^{-6} \text{ minutes} = 9,22 \,\mu\text{m}.$$

A supposer que l'on observe la vapeur saturante à 80°, où sa tension vaut 345 mm, sous une différence de potentiel magnétique 700000 C. G. S. (ces nombres sont choisis de manière à correspondre aux possibilités pratiques de notre appareillage actuel), on est conduit à prévoir pour la rotation *simple* ρ

$$\rho = 0,36 \times 9,22.10^{-6} \times 7.10^5 = 2,3 \text{ minutes},$$

soit une rotation *double* observable qui pourrait atteindre 5 à 6 minutes au plus ; le nombre serait assurément trop faible pour permettre de tirer des conclusions ayant toute la précision désirable.

C'est pourquoi, jusqu'à nouvel ordre, nous avions dû exclure la vapeur d'eau de la liste des substances gazeuses dont l'étude magnétooptique fut poursuivie depuis nombre d'années dans notre laboratoire.

Cette lacune, sensible, vu l'intérêt très spécial du corps en question, vient d'être heureusement comblée par L. H. Ingersoll.

Ayant imaginé un procédé d'analyse *photoélectrique* susceptible d'enregistrer des rotations avec une incertitude ne dépassant pas quelques *secondes* d'arc, Ingersoll entreprit récemment d'utiliser cette méthode extra-sensible pour l'étude magnétooptique de la matière gazeuse.

La valeur de la constante de Verdet ainsi trouvée expérimentalement pour la vapeur d'eau est

$$A_0^{760} = 9,1 \,\mu\text{m} \qquad (\lambda = 578 \,\text{m}\mu),$$

nombre qui doit être considéré comme *pratiquement égal* à celui que nous avions calculé (les conditions particulières impliquées dans ces mesures ne permettant pas de garantir une précision de 1 %) (¹).

L'invariance de la rotativité se trouverait donc très sensiblement vérifiée dans le cas de l'eau, résultat important qui méritait d'être signalé : sa confirmation justifierait entièrement la substitution des rotativités aux rotations spécifiques (autrement dit, à la règle de Verdet) dans l'étude des *solutions* aqueuses (qui ont donné lieu à une multitude de travaux).

Le résultat des mesures d'Ingersoll apparaît comme d'autant plus remarquable qu'il fut obtenu sans que l'auteur ait put être guidé par une idée théorique préconçue. J'ajouterai que nous le considérons pour notre part comme quelque peu inattendu, en raison du caractère *polaire* très fortement marqué des molécules d'eau (²).

(¹) Pour $\lambda = 589$ mμ, Ingersoll donne $A_0^{760} = 8,8$ μm.

(²) Au surplus, la *rotation* A_0^{760} est calculée pour la vapeur à partir de la densité théorique ($M/d = 224.10^2$). La concordance avec le nombre mesuré peut s'expliquer en considérant que, dans les conditions expérimentales réalisables ici, la vapeur doit se comporter sensiblement comme un gaz parfait, vu la *très faible* valeur de sa densité.

ALGOLOGIE. — *Sur un genre nouveau d'Ulvacées :* Rhizenteron *nov. gen.* Note de M. **Pierre Dangeard.**

Parmi les algues du Maroc, nous avons décrit (1) une curieuse espèce rattachée au genre *Enteromorpha* et vivant en épiphyte sur le Lichen marin, *Lichina pygmæa*. Cette algue se signale par sa base irrégulière formant un tubercule ou une croûte plus ou moins étendue étroitement appliquée sur le *Lichina* et qui émet, vers l'extérieur, dans tous les sens, des frondes tubuleuses, cylindriques, très courtes. L'importance de la partie basale, tuberculeuse ou crustacée, par rapport aux frondes libres, dressées, à structures d'Entéromorphes typiques, nous a fait donner à cette espèce le nom d'*E. tuberculosa*.

Or, nous avons récolté récemment à Dakar une espèce apparemment voisine, mais vivant directement sur les rochers où elle forme de petites masses vertes, ayant quelques millimètres de diamètre, de consistance ferme et même un peu cartilagineuse. L'examen de ces petites masses montre qu'elles sont constituées par des thalles très irréguliers de forme, mamelonnés et assez souvent ramifiés en arbuscules, d'où s'élèvent des protubérances diverses qui hérissent la surface; certaines de ces protubérances ont les caractères de frondes libres d'*Enteromorpha*, plurisériées ou unisériées très courtes et peu développées, tandis que d'autres apparaissent comme de simples lobes de la masse générale qui, par leur croissance, contribuent à son développement.

Le thalle est plein, formé en grande partie de filaments intriqués à contenu cellulaire étroit et membrane épaisse stratifiée ayant les caractères de rhizoïdes tels qu'on les trouve à la base des frondes des Ulvacées en général. Ces rhizoïdes coalescents et entrelacés, à trajet sinueux, sont pourvus de chlorophylle et ils se terminent vers l'extérieur par des cellules plus vertes à contenu abondant, disposées côte à côte en palissade dont le cloisonnement contribue au développement de la partie tuberculeuse du thalle; d'autre part, certaines de ces cellules se développent en filaments unisériés qui émergent du thalle et peuvent devenir, ensuite, plurisériés.

Cette description montre que l'algue de Dakar a beaucoup de ressemblance avec celle du Maroc. Cependant, en dehors de l'habitat qui n'est pas le même, il apparaît un certain nombre de différences : les frondes libres émises par le tubercule dans l'espèce de Dakar sont, en majorité, plus grêles, filiformes, souvent unisériées; d'autre part, les cellules sont nettement plus grandes que dans l'espèce de Rabat si l'on compare entre

(1) *Le Botaniste*, 34, 1949, p. 113.

eux des éléments similaires du thalle, par exemple les cellules des proliférations; celles-ci ont, en moyenne, 10 à 15 μ de diamètre dans l'espèce de Dakar contre 5 à 6 μ dans l'*E. tuberculosa*. Nous n'avons pas pu préciser la forme du chromatophore qui semble remplir la majeure partie de la cellule, mais nous pensons qu'il existe un seul pyrénoïde comme dans l'*E. tuberculosa*. Il existe beaucoup d'amidon et la solution iodo-iodurée, même faible, colore fortement en bleu noir l'ensemble de la cellule et il en va de même dans la partie vivante des cellules rhizoïdales qui sont donc très riches en amidon.

L'espèce de Dakar semble donc différente de celle de Rabat et mériter un nom spécial. D'autre part, nous sommes conduit à séparer ces deux types d'algues des *Enteromorpha* proprement dites dont elles diffèrent notablement et à envisager la création d'un genre nouveau. Il est à noter, en effet, qu'aucune des espèces connues d'*Enteromorpha* n'a été décrite comme pourvue d'une région basale tuberculeuse ferme et solide. Dans l'*E. fasciculata* nob., la région basale formée par des frondes coalescentes prend une certaine importance, mais elle ne constitue pas un tubercule et son épaisseur est faible. Dans l'*E. minima* Kützing, dont Kylin (1947) a fait le type du genre nouveau *Blidingia*, les plantules se composent d'une sole basilaire unistrate et de frondes dressées. Là encore il n'y a pas de tubercule et les frondes dressées et libres conservent toute leur importance.

Il semble donc bien que la création d'un genre nouveau se justifie pour les deux espèces décrites, l'une à Rabat, l'autre à Dakar. Nous proposons de le nommer *Rhizenteron* : ce genre d'Ulvacées se trouve caractérisé par la grande importance du système rhizoïdal constituant un arbuscule ou un tubercule basal mamelonné irrégulier et le très faible développement, par contre, des frondes libres.

Si l'on fait intervenir, comme cela semble légitime, la notion d'*hétérotrichie* qui s'est montrée jusqu'ici très féconde dans les études sur l'évolution des formes (Fritsch), on dira que le *Rhizenteron* réalise un type d'Ulvacées dans lequel s'est manifesté un développement important du système prostré et une réduction, par contre, du système dressé dominant chez les genres *Ulva* et *Enteromorpha*.

Diagnose du genre *Rhizenteron* nov. gen. — *Thallo tubercula aut crustas vel arbusculas formante, firmo, irregulariter sinuoso aut ramoso, filis numerosis, membranis crassis, intertextis, constituto; ad superficiem, frondes numerosas, liberas, tubulosas, emittente, cum structura Enteromorphæ.*

L'algue de Rabat devient ainsi le *Rhizenteron* (ex *Enteromorpha*) *tuberculosum* comb. nov. et nous proposons d'appeler l'algue de Dakar *Rhizenteron saxatile* nov. sp.

Rhizenteron saxatile nov. sp. — *Thallo arbusculas aut crustas irregulariter tumidas formante, ad saxa basi affixo, frondibus liberis numerosis sœpe uniseriatis, cellulis* 10-15 μ *latis.*

M. **Louis Hackspill** présente à l'Académie le premier Volume, *Chimie générale,* d'un *Précis de Chimie* de M. Raymond Quelet. Cet Ouvrage, destiné aux élèves de l'enseignement propédeutique des Facultés des sciences, est édité par les Presses Universitaires de France, dans la Section de chimie, dirigée par lui, de la collection *Euclide,* publiée sous la direction de MM. **Charles Maurain** et **Maurice Caullery.**

L'Ouvrage suivant est présenté par M. **Pierre Lejay** : *Sur la prolongation du réseau gravimétrique nord-africain au Sahara français. Essai d'interprétation structurale,* par Jean Lagrula.

CORRESPONDANCE.

M. le **Secrétaire perpétuel** signale parmi les pièces imprimées de la Correspondance :

1° Pontificiæ Academiæ scientiarum scripta varia. 10. *Studio fisico dell'aorta normale e patologica,* par Vittorio dal Borgo.

2° Ministerio da Economia. Comissão reguladora di comércio de Arroz. *Bibliografia Orizicola Portuguesa* 1800-1950, por Manuel Vianna e Silva.

3° *Mineria. Organo del Instituto de Ingenieros de minas del Peru,* Ano 1, nº 1.

4° *Revista de Matematicas Elementales,* editada por la Facultad de ciencias de la Universidad nacional de Colombia y por la Universidad de Los Andes. Vol. I, Fasc. 1.

Il signale également deux fascicules polycopiés, les nos 15 et 22 de la Documentation mathématique, textes publiés sous la direction de Paul Belgodère.

THÉORIE DES FONCTIONS. — *Relation entre la distribution des valeurs multiples d'une fonction méromorphe et la ramification de sa surface de Riemann.* Note de M. **Edward F. Collingwood**, présentée par M. Paul Montel.

1. Nous appliquons les méthodes et les résultats de Notes précédentes [1] à l'étude de la ramification de la surface de Riemann S_f sur laquelle le disque ouvert $|z| < R$ ou le plan pointé $z \neq \infty$ est représenté conformément par une

(1) *Comptes rendus*, 227, 1948, p. 615 (Note I); *ibid*, p. 709 (Note II); *ibid*, p. 749 (Note III); *ibid*, p. 813 (Note IV); *Comptes rendus*, 235, 1952, p. 1182 (Note V).

fonction $w=f(z)$ méromorphe et non rationnelle dans $|z|<R\leq\infty$. Les valeurs w sont prises sur la sphère de diamètre 1, et on note $l(w', w'')$ la longueur du plus petit arc de cercle qui joint w' à w'' sur cette sphère. Les fonctions $\sigma(r)$ (non croissante) et $p(r)$ possédant les propriétés indiquées dans ma Note précédente ([2]), l'inégalité $l(f(z), a)<\sigma(r)$, pour une valeur donnée de r, définit un ensemble (éventuellement vide) de domaines $G(a, \sigma(r))$ du plan des z. $V(a, \sigma(r), p(r))$ est l'ensemble des valeurs de $r<R$ pour lesquelles la circonférence $|z|=r$ ne rencontre aucun domaine $G(a, \sigma(r))$ où la valence de $f(z)$ soit supérieure à $p(r)$, et $E(a, \sigma(r), p(r))\subseteq V(a, \sigma(r), p(r))$ est le sous-ensemble de l'ensemble précédent formé par les valeurs de r pour lesquelles $|z|=r$ ne rencontre aucun domaine $G(a, \sigma(r))$ dont la frontière s'étende jusqu'à $|z|=R\leq\infty$. Les bornes supérieures de ces ensembles et de leurs complémentaires $\mathcal{C}V$, $\mathcal{C}E$, seront notées sup V, ..., sup $\mathcal{C}E$.

2. Les propriétés de $E(a, \sigma(r), p(r))$ et $V(a, \sigma(r), p(r))$ servent à caractériser la ramification de S_f au voisinage d'un point a. En particulier, nous dirons que a est *un centre de ramification de* S_f si l'on a

$$\sup \mathcal{C}E(a, \sigma(r), p(r))=R\leq\infty \tag{1}$$

pour une fonction $\sigma(r)$ tendant vers zéro quand $r\to R$, et une fonction $p(r)>1$; nous dirons que a est *un centre de ramification de* S_f *d'ordre non borné si l'on a* (1) *pour une fonction* $\sigma(r)$ *tendant vers zéro et une fonction* $p(r)$ *tendant vers* ∞ *quand* $r\to R$. La connaissance des propriétés de croissance de $\sigma(r)$ et $p(r)$ introduit dans la caractérisation un élément métrique, relatif à l'exhaustion de S_f par les surfaces partielles $S_f(r)$ images par f des disques ouverts $|z|<r<R\leq\infty$.

3. Nous écrirons, avec les notations habituelles,

$$N_1(r)=N\left(r, \frac{1}{f'}\right)+2N(r, f)-N_1(r, f');$$

$N_1(r)$ mesure la densité des valeurs multiples de $f(z)$, et satisfait à la condition générale

$$\varliminf_{r\to R}\frac{N_1(r)}{T(r, f)}\leq 2. \tag{2}$$

4. On sait que pour une fonction $f(z)$ telle que $T(r, f)$ ne soit pas bornée, et pour des fonctions $\sigma(r)$ et $p(r)$ satisfaisant aux conditions suivantes :

$$(3)\ \begin{cases}(a)\quad \lim_{r\to R}\dfrac{\log\left[\dfrac{1}{\sigma(r)}\right]}{T(r, f)}=0,\\ (b)\quad p(r)=o\left(\dfrac{T(r,f)}{\log r}\right)\quad \text{ou}\quad p(r)=o(T(r,f)),\quad \text{selon que } R=\infty \text{ ou } R<\infty,\end{cases}$$

([2]) Note V. Les définitions ici données des ensembles E et V sont équivalentes à celles de la Note I, mais font intervenir la métrique sphérique; elles sont analogues à celles de la Note V pour $E(a, \sigma(a, r), p(r))$, etc.

la condition $\sup \complement E(a, \sigma(r), p(r)) < R$ implique $\Delta(a) = 0$ ([3]). On peut prouver plus à condition de supposer les ensembles $\complement E(a, \sigma(r), p(r))$ uniformément bornés pour tout a. On a en effet

Théorème 1. — *$f(z)$ étant méromorphe dans $|z| < R \leqq \infty$ et vérifiant dans le cas $R < \infty$ la relation*

$$\lim_{r \to R} \frac{T(r, f)}{-\log(R - r)} = \infty, \tag{4}$$

supposons que $\sigma(r)$ et $p(r) > 1$ satisfassent aux conditions (3) et qu'il existe un $B < R$ tel que $\sup \complement E(a, \sigma(r), p(r) \leqq B$ pour toute valeur de a. Alors $\Delta(a) = 0$ pour tout a, et

$$\underline{\lim}_{r \to R} \frac{N_1(r)}{T(r, f)} = 2. \tag{5}$$

Ce théorème est une conséquence immédiate de celui de ma dernière Note ([4]). Prenons en effet deux valeurs distinctes a_1 et a_2, qui constitueront l'ensemble A. La fonction $\sigma(a, r)$ et l'ensemble $E(a, \sigma(a, r), p(r))$ étant définis comme dans la Note citée, les ensembles $\complement E(a, \sigma(a, r), p(r))$ sont uniformément bornés dans $\complement A$, et il résulte du théorème en question que

$$2 \leqq \underline{\lim}_{r \to R} \frac{N_1(r)}{T(r, f)} + \Delta(a_1) + \Delta(a_2).$$

Or $\Delta(a_1) = \Delta(a_2) = 0$, d'où l'égalité (5).

5. Du théorème 1, nous pouvons aisément déduire le suivant :

Théorème 2. — *Supposons que $f(z)$ soit méromorphe dans $|z| < R \leqq \infty$, et, dans le cas où $R < \infty$, satisfasse à la condition (4). Alors, si*

$$\underline{\lim}_{r \to R} \frac{N_1(r)}{T(r, f)} < 2 \tag{6}$$

et si nous nous donnons une fonction $p(r)$ satisfaisant à (3, b), il existe une fonction $\Sigma(r)$ non croissante et tendant vers zéro quand $r \to R$, et une valeur a, telles que

$$\sup \complement E(a, \Sigma(r), p(r)) = R. \tag{7}$$

Ce théorème n'assure pas seulement l'existence d'un centre de ramification d'ordre non borné sous les conditions (4) et (6), mais donne en outre une mesure de son ordre. Les points logarithmiques forment une sous-classe de tels centres de ramification. Le théorème 2 peut être comparé au résultat classique selon lequel S_f, lorsqu'elle n'a qu'un nombre fini de points algébriques, doit avoir au moins *deux* points logarithmiques ([5]), et aux résultats récents de

---

([3]) Notes III et IV.

([4]) Note V.

([5]) R. Nevanlinna, *Eindeutige analytische Funktionen*, p. 278.

M. Dugué ([6]) sur le nombre minimum de valeurs multiples distinctes d'une fonction $f(z)$ pour laquelle S_f n'a pas de points logarithmiques.

Les démonstrations des résultats de cette Note et de la précédente seront publiées ailleurs ([7]).

TOPOLOGIE ALGÉBRIQUE. — *Calcul des variations et cohomologie singulière.* Note de M. **René Deheuvels**, présentée par M. Paul Montel.

Cette Note fait suite à trois Notes, désignées par I, II, III ([1]), dont nous conservons les notations. Nous montrons ici que la cohomologie singulière donne une théorie satisfaisante des valeurs critiques d'une fonction numérique sur un espace topologique quelconque.

1° La théorie des éléments critiques d'une filtration réelle d'un anneau différentiel, esquissée dans I, II, a été appliquée à un cas particulier dans III.

On peut l'employer plus généralement à l'étude des valeurs critiques d'une fonction numérique φ sur un espace topologique X quelconque, en utilisant une théorie de l'homologie ou une théorie de la cohomologie sur X, la filtration étant déterminée par φ.

La théorie choisie sera satisfaisante pour une fontion φ donnée, ou pour une classe de fonctions φ, lorsque (*cf.* II, 1) :

L'homomorphisme $\mathfrak{L} \rightarrow \mathcal{K} = \mathcal{G}\mathcal{H}\mathcal{A}$ est un homomorphisme sur, ce qui entraîne, puisque $\mathcal{L} \supset \mathfrak{L}$: l'ensemble des valeurs critiques locales ($r \in R'$, tels que $\mathcal{L}_r \neq 0$) contient l'ensemble image de la filtration de l'anneau d'homologie $\mathcal{H}\mathcal{A}$ de $\mathcal{A}$.

Dans sa théorie, M. M. Morse a introduit l'hypothèse dite de « φ-accessibilité » ([2]) : c'est une condition suffisante, dans le cas d'une théorie homologique des valeurs critiques, pour que $\mathfrak{L} \rightarrow \mathcal{K}$ soit sur.

La notion de filtration accessible du paragraphe 2 en est une généralisation. Le théorème qui suit est une application remarquable : il montre qu'une théorie des valeurs critiques pour une fonction numérique quelconque, sur un espace topologique quelconque, utilisant la cohomologie singulière est satisfaisante au sens indiqué ci-dessus. Des exemples montrent que la cohomologie de Čech-Alexander ne donne pas de théorie satisfaisante pour la classe des

([6]) *Comptes rendus*, 232, 1951, p. 1734.

([7]) Dans le *Journal d'Analyse Mathématique*, Vol. 2.

([1]) *Comptes rendus*, 235, 1952, I, p. 778; II, p. 858; III, p. 929. Lire dans I, II, pour désigner les homomorphismes induits par les relations d'inclusion : ι au lieu de r.

([2]) M. Morse, *Mém. Soc. Math.*, Paris, 1939; *Annales de l'Institut H. Poincaré*, Paris, 1939.

fonctions φ semi-continues inférieurement même lorsque l'on suppose que les ensembles $[\varphi \leq p]$ sont compacts pour tout $p \in \mathrm{R}$ (³).

2. Soient dans un anneau $\mathcal{A}$ des idéaux bilatères $\mathcal{A}_p$, l'indice p parcourant l'ensemble R des nombres réels, tels que :

$$\text{si } p > q, \quad \mathcal{A}_p \supset \mathcal{A}_q, \quad \mathcal{A} = \bigcup \mathcal{A}_p.$$

La décomposition de $\mathcal{A}$ par les $\mathcal{A}_p$, $p \in \mathrm{R}$, définit une filtration réelle de $\mathcal{A}$:

$$f(0) = \infty; \qquad \text{si} \quad a \in \mathcal{A}, \quad a \neq 0, \quad f(a) = \operatorname{Sup} p \text{ tel que } a \in \mathcal{A}_p.$$

La filtration sera dite atteinte par la décomposition $\mathcal{A}_p$ qui la définit, lorsque pour tout a : $a \in \mathcal{A}_{f(a)}$, autrement dit : $\mathcal{A}^{p-0} = \bigcap_{\varepsilon > 0} \mathcal{A}_{p-\varepsilon} = \mathcal{A}_p$ pour tout $p \in \mathrm{R}'$.

Exemple. — $\mathcal{J}$ étant un idéal bilatère d'un anneau à filtration réelle $\mathcal{A}$, l'une ou l'autre des décompositions $(\mathcal{A}^{p-0} + \mathcal{J})/\mathcal{J}$, $p \in \mathrm{R}$, ou $(\mathcal{A}^{p} + \mathcal{J})/\mathcal{J}$, $p \in \mathrm{R}$, définit la filtration f' de $\mathcal{A}/\mathcal{J}$. Pour que f' soit atteinte par la première décomposition, il faut et il suffit que dans toute classe h de $\mathcal{A} \bmod \mathcal{J}$ la fonction f atteigne son maximum : il existe $a \in h$ tel que $f(a) = f'(h)$.

Application. — $\mathcal{A}$ est un anneau différentiel à filtration réelle; définissons $\mathcal{C}_s^{r-0}$ et $\mathcal{D}_p^{r-0}$: $a \in \mathcal{C}_s^{r-0}$ si $f(a) \geq r$, $f(\delta a) > s$; $a \in \mathcal{D}_p^{r-0}$ si $f(a) \geq r$, $a = \delta b$, $f(b) > p$.

L'anneau $\mathcal{C}_s^p/(\mathcal{C}_s^s + \mathcal{D}_p^p)$ est décomposé par les $\mathcal{C}_s^{q-0}/(\mathcal{C}_s^s + \mathcal{D}_p^{q-0})$, $p < q \leq s$. Dire que cette décomposition atteint la filtration qu'elle définit, signifie que :

$$\mathrm{E}(p, q-0, s, s) = \lim_{\varepsilon > 0} \mathcal{C}_s^{q-\varepsilon}/(\mathcal{C}_s^s + \mathcal{D}_p^{q-\varepsilon}) = \mathcal{C}_s^{q-0}/(\mathcal{C}_s^s + \mathcal{D}_p^{q-0})$$

Il s'ensuit également que

$$\mathrm{E}(p, q-0, r, s) = \lim_{\varepsilon > 0} \mathcal{C}_s^{q-\varepsilon}/(\mathcal{C}_s^r + \mathcal{D}_p^{q-\varepsilon}) = \mathcal{C}_s^{q-0}/(\mathcal{C}_s^r + \mathcal{D}_p^{q-0})$$

Ceci a, entre autres conséquences, la suivante : l'homomorphisme

$$\mathrm{E}(w, q-0, r, s) \to \mathrm{E}(p, q-0, r, s) \qquad (w \in \mathrm{R}', w > p) \quad \text{est sur.}$$

Dans le cas particulier où

$$p = -\infty, \qquad r = q, \qquad s = \infty, \qquad w = q - 0 : \mathfrak{E} \to \mathcal{H} \quad \text{est sur.}$$

La filtration d'un anneau différentiel à filtration réelle sera dite *accessible* lorsque la décomposition $\mathcal{C}_s^{q-0}/(\mathcal{C}_s^s + \mathcal{D}_p^{q-0})$ de $\mathcal{C}_s^p/(\mathcal{C}_s^s + \mathcal{D}_p^p)$ atteint la filtration qu'elle définit, ceci pour tous $p \in (-\infty) \cup \mathrm{R}$, $s \in \mathrm{R} \cup \infty$.

3. Soient X, un espace topologique, φ, une fonction numérique sur X, $\mathcal{A}$ l'anneau, des cochaînes singulières sur X, à valeurs dans un corps G.

(³) Avec l'homologie de Čech, on obtient une théorie satisfaisante dans ce cas : *cf.* (2).

Filtrons $\mathcal{A}$ par

$$f(0)=\infty,$$

si $a\neq 0$, $f(a)=\text{Sup}\,p$ tel que a soit nul sur les simplexes singuliers de $\varphi\leq p$.

THÉORÈME. — *La filtration de $\mathcal{A}$ ainsi définie est accessible.*

TOPOLOGIE ALGÉBRIQUE. — *Sur les anneaux spectraux de certaines classes d'applications.* III. *Fonctions numériques (différentiables).* Note de M. **István Fáry**, présentée par M. Paul Montel.

Nous étudions la variation du faisceau $\mathcal{B}$, c'est-à-dire celle de $H(\alpha\leq f\leq\beta)$, en supposant que f a les propriétés énumérées au n° **1**. Comme chaque niveau critique contient des points critiques, on peut *estimer* la variation locale de $\mathcal{B}$, si l'on connaît le comportement de f aux points critiques : EH(IH) est un quotient (un sous-module) d'une somme directe d'anneaux de cohomologie d'hypersurfaces algébriques réelles.

1. X désigne dans cette Note une variété indéfiniment différentiable à n dimensions. f est une fonction indéfiniment différentiable partout définie dans X. Toutes les notations usuelles des Notes I, II [1] sont conservées et se rapportent à cette fonction. Nous supposons que, outre a, b (Note II, n° 2), f a les propriétés suivantes :

c. La différentielle totale $df(x, dx)$ de f ne s'annule identiquement en dx qu'aux points $c_j\in X$, qui constituent un *ensemble discret*. Au voisinage de c_j il existe un système de coordonnées locales (x_i), tel que

$$f(x_1,\ldots,x_n)=\gamma'_k+P_j(x_1,\ldots,x_n),\qquad \gamma'_k=f(c_j) \tag{1}$$

$$\sum_i\left(\frac{\partial P_j}{\partial x_i}\right)^2>0,\qquad \text{si } x\neq c_j, \tag{2}$$

où P_j est un *polynome homogène* de degré ≥ 2 [2]. L'hypersurface algébrique réelle $P_j^\alpha : P_j(x)=\alpha-\gamma'_k$ est dite attachée au point c_j.

2. En considérant le gradient de f dans une métrique riemannienne quelconque de X et en utilisant la propriété a de f, on démontre que α est une valeur ordinaire, si F_α ne contient pas de points c_j. Par conséquent, *chaque valeur critique γ_l est un γ'_k* [3].

3. Soit $X=R^n$ un espace euclidien, $f=P$ un polynome homogène de degré ≥ 2 satisfaisant à (2). 0 est la seule valeur critique de P. $F_\alpha : P(x)=\alpha$

(1) Cette Note fait suite à la Note I, des *Comptes rendus*, 235, 1952, p. 686 et à la Note II, *ibid.*, p. 780.

(2) On peut introduire un tel système de coordonnées (x_i), si f admet un développement limité au voisinage de c_j, qui commence par les termes du second membre de (1), et dont le reste satisfait à certaines conditions. Ces conditions sont remplies en particulier, si f est analytique au voisinge de c_j.

(3) Ces propositions ne sont pas valables si f n'a pas la propriété a.

est une hypersurface algébrique réelle pour $\alpha \neq 0$; F_0 est un cône sans génératrice double. Soit V un voisinage *ouvert* de l'origine de R^n. Si $|\alpha|$ est suffisamment petit

(4) l'injection $H(F_\alpha \cap V) \to H(F_\alpha)$ est un homomorphisme *sur*.

Si V *est convenablement choisi, l'injection* (4) *est un isomorphisme*. Nous avons

$$(5) \quad TH_\alpha = EH_\alpha = H(F_\alpha)$$
$$(6) \quad H(F_0) = H(F_{-\alpha}) + H(F_\alpha) \qquad (\alpha \neq 0).$$

Ces relations montrent que l'origine de R^n est un point critique de P [4]. En effet, d'après (4) et (5), o est une valeur critique de la restriction de P à V.

On démontre que la section $H(F_\alpha) \to (F_\alpha \cap \overline{V})$ est nulle, pour chaque petit voisinage compact $\overline{V}$ de $x = 0$. L'équation (5) de la Note II est vérifiée.

4. Reprenons les notations du n° 1. Dans un petit voisinage de $c_j, f - \gamma'_k$ est identique à la restriction de P_j à un voisinage de l'origine de R^n. Par conséquent *chaque point c_j est un point critique de f* [4].

5. Dans ce qui suit, (α_0, β_0) est un intervalle qui contient la seule valeur critique γ, et $\alpha_0 \leqq \alpha < \gamma < \beta \leqq \beta_0$. C désigne l'ensemble des points critiques de F_γ. D'après les résultats précédents nous pouvons construire un voisinage *ouvert* V de l'ensemble discret C, tel que

$$(7) \quad H(F_\alpha \cap V) = \Sigma H(P_j^\alpha),$$

où le second membre est la somme directe des anneaux de cohomologie des hypersurfaces attachées aux points critiques de F_γ [5]. Dans le diagramme (8), les homomorphismes sont des injections et des sections de $F_I = (\alpha \leqq f \leqq \beta)$.

$$(8) \quad \left\{\begin{array}{ccccc} H(F_\alpha \cap V) & \leftarrow & H(F_I \cap V) & \rightarrow & H(F_\beta \cap V) \\ \downarrow & & \downarrow & & \downarrow \\ H(F_\alpha) & \leftarrow & H(F_I) & \rightarrow & H(F_\beta) \\ \downarrow & & \downarrow & & \downarrow \\ H(F_\alpha - V) & \leftarrow & H(F_I - V) & \rightarrow & H(F_\beta - V) \end{array}\right.$$

Envisageons un $h_\alpha \in H(F_\alpha)$ contenant un cocycle u_α, tel que, si $\alpha \to \gamma$, le support $S(u_\alpha)$ converge vers un ensemble compris dans C. Dans ce cas h_α provient de $H(F_\alpha \cap V)$, et (4) et (5) montrent que $h_\alpha \in EH_\alpha$ (h_α est une classe *évanouissante*). On démontre la réciproque à l'aide du diagramme (8).

LEMME 1. — $EH_\alpha(\gamma)$ *est l'image de l'injection* $H(F_\alpha \cap V) \to H(F_\alpha)$.

COROLLAIRE 1. — $EH_\alpha(\gamma)$ *est un quotient de la somme directe des anneaux de cohomologie des hypersurfaces attachées aux points critiques de* F_γ.

---

(4) *Cf.* la définition (10) de la Note I.

(5) Si C est fini, V peut être construit dans un voisinage arbitraire de C.

6. Désignons par $\overline{V}$ l'adhérence de V. En utilisant un diagramme, où l'on fait intervenir $\overline{V}$, on démontre :

LEMME 2. — $TH_\alpha(\gamma)$ *est le noyau de la section* $H(F_\alpha) \to H(F_\alpha \cap \overline{V})$.

En d'autres termes : pour que $h_\alpha \in H(F_\alpha)$ appartienne à TH_α, il faut et il suffit qu'elle contienne un cocycle b_α, tel que, si $\alpha \to \gamma$, $\lim S(b_\alpha) \cap C = \emptyset$.

LEMME 3. — $IH_\alpha(\gamma)$ *est l'image de la section* $H(F_\alpha) \to H(F_\alpha \cap \overline{V})$.

COROLLAIRE 2. — $IH_\alpha(\gamma)$ *est isomorphe à un sous-module de*

$$H(F_\alpha \cap \overline{V}) = \Sigma H(P_j^\alpha \cap \overline{V}), \tag{9}$$

où la somme directe est prise sur les hypersurfaces attachées aux points critiques de F_γ (6).

PROPOSITION. — *Si l'anneau de coefficients* A *est un corps, il existe un isomorphisme canonique dans* $IH_\alpha^p(\gamma) \to EH_\alpha^q(\gamma)$ $(p+q=n-1)$. *Si* F_γ *est compact* $IH_\alpha^p(\gamma) = EH_\alpha^q(\gamma)$ (7).

GÉOMÉTRIE MÉTRIQUE. — *Principes de classification dans l'étude des trièdres et des tétraèdres.* Note de Mlle **GENEVIÈVE GUITEL**, présentée par M. René Garnier.

Classification des trièdres, tétraèdres, angles tétraèdres d'après le nombre de leurs éléments aigus ou obtus. Familles de tétraèdres et figures apparentées. Existence d'une infinité de trièdres, non trirectangles, égaux à leurs trièdres supplémentaires.

Position, par rapport à un tétraèdre, du centre de sa sphère circonscrite.

Ce travail s'inscrit dans le groupe des similitudes.

1. TRIÈDRES. — Nous avons démontré qu'il suffit de connaître le nombre total des éléments obtus d'un trièdre pour savoir comment ces éléments obtus sont disposés dans le trièdre. Nous appelons ce nombre le *genre* du trièdre. Un trièdre ayant 6 éléments, 7 cas seront donc à examiner; on démontre qu'ils sont tous réalisables. Un trièdre peut donc être de genre 0, 1, 2, 3, 4, 5, 6. Les trièdres, de genres 1, 2, 3, ont un dièdre obtus; le trièdre de genre 4, deux dièdres obtus et les trièdres de genres 5 et 6 trois trièdres obtus.

THÉORÈME. — *Si un trièdre a ses trois dièdres aigus, il a ses trois faces aiguës.*

(6) Ces anneaux peuvent être exprimés à l'aide de la *cohomologie à supports non compacts de* P_j^α.

(7) Si nous appliquons les résultats de cette Note au cas où tous les P_j sont des formes quadratiques non dégénérées, nous retrouvons certains résultats de M. M. MORSE, *Proc. Nat. Acad. Sci. U. S. A.*, 38, 1952, p. 247.

Théorème. — *Si un trièdre a une face obtuse et une seule, il a un dièdre obtus et un seul.* On peut énoncer les cas corrélatifs. Comme la somme des genres d'un trièdre et de son trièdre supplémentaire est égale à 6, un trièdre de genre 3 a un trièdre supplémentaire de genre 3.

Théorème. — *Il existe une infinité de trièdres, non trirectangles, égaux à leurs propres trièdres supplémentaires*; a, b, c étant les faces du trièdre considéré, il suffira de prendre $a > \pi/2$, b tel que $\text{cotg}(b/2) = \sin a$, $c = \pi - a$.

2. Parallélépipèdes. — Il n'existe que trois genres de parallélépipèdes, car tout parallélépipède qui possède un trièdre donné, possède aussi tous ceux qu'on en déduit en remplaçant une ou deux des arêtes du trièdre par leurs prolongements.

3. Tétraèdres. — Un premier examen fait penser que 29 genres sont possibles; 27 seulement sont réalisables. Il existe 1 genre ayant tous ses dièdres aigus, 6 genres ayant 1 dièdre obtus, 11 genres ayant 2 dièdres obtus opposés, 3 genres ayant 2 dièdres obtus concourants, 5 genres ayant 3 dièdres obtus appartenant au même trièdre et 1 genre ayant 3 dièdres obtus deux à deux concourants.

Théorème. — *Il n'existe aucun tétraèdre ayant 4 faces* (¹) *obtuses appartenant aux 4 trièdres d'un tétraèdre.* Dans tout tétraèdre, il y a donc toujours un trièdre ayant toutes ses faces aiguës. On peut même constater que sur 27 genres de tétraèdres, il y en a 25 qui ont deux trièdres ayant toutes leurs faces aiguës.

Si l'on connaît le nombre total d'éléments obtus d'un tétraèdre, il est exceptionnel que l'on puisse en déduire son genre. Même si l'on connaît les genres de ses 4 trièdres, il y a encore, dans trois cas, deux structures possibles.

Une simple chaîne linéaire fait passer d'un trièdre de genre 0 à un trièdre de genre 6 par adjonction, chaque fois, d'un nouvel élément obtus. Avec les tétraèdres, pour passer du genre 0000 à n'importe quel autre genre par adjonctions successives d'un élément obtus et d'un seul, il faut se déplacer sur une figure de l'espace que nous proposons d'appeler la *résille des tétraèdres.*

Il y a 27 genres de tétraèdres quelconques et seulement 2 genres de tétraèdres orthocentriques, en se limitant aux cas généraux. C'est une nouvelle raison de comparer les tétraèdres orthocentriques aux triangles quelconques.

Centre de la sphère circonscrite à un tétraèdre. — Pour 22 genres, le centre est extérieur au tétraèdre; il lui est sûrement intérieur dans le cas d'un

(¹) Le mot face doit être pris au sens de face pour un trièdre.

tétraèdre ayant comme seuls éléments obtus deux dièdres opposés, et il peut être intérieur ou extérieur pour les 4 derniers genres.

4. ANGLES TÉTRAÈDRES. — Il n'existe que trois sortes d'angles tétraèdres : les angles tétraèdres convexes, les *tétracanthes*, les *tétracanthes inversés*. Un tétracanthe est un angle tétraèdre tel que la demi-droite opposée à l'une quelconque de ses arêtes soit intérieure au trièdre déterminé par les trois autres; on déduit un tétracanthe inversé d'un tétracanthe en substituant à l'une quelconque de ses arêtes la demi-droite qui lui est opposée.

Partant d'un tétraèdre et d'un point quelconque de l'espace, on peut construire un angle tétraèdre, ayant ce point comme sommet, et dont les arêtes sont perpendiculaires aux plans des faces du tétraèdre. Si le point donné est intérieur au tétraèdre, on formera ainsi un tétracanthe; s'il est situé à l'intérieur d'un trièdre tronqué ou dans un trièdre symétrique d'un des trièdres du tétraèdre, on obtient un tétracanthe inversé; enfin, s'il est dans les combles, un angle tétraèdre convexe. Les réciproques sont vraies.

L'énumération des genres des angles tétraèdres se fera donc à partir des tétraèdres. Chaque tétraèdre permet de construire un tétracanthe, 3 angles tétraèdres convexes, 4 tétracanthes inversés. Il y a 27 genres de tétraèdres, mais seulement 67 genres d'angles tétraèdres convexes au lieu de 81 et 78 genres de tétracanthes inversés au lieu de 108. Ceci est dû au fait que si un tétraèdre peut présenter un plan de symétrie ou un axe binaire, le nombre des angles tétraèdres convexes et des tétracanthes inversés qui en dérivent se trouve réduit.

Pour représenter les 67 genres d'angles tétraèdres convexes, les 78 genres de tétracanthes inversés, il faudra utiliser 3 résilles dans le premier cas, 4 dans le deuxième. Leurs points communs matérialiseront les symétries possibles du tétraèdre qui occuperait la même place sur la résille.

On peut utiliser, pour représenter les 7 genres de trièdres, des figures symboliques et un tableau à double entrée qui montre comment les *thèmes* de dièdres obtus s'associent avec les thèmes de faces obtuses (2). Nous avons aussi construit un tableau qui montre comment se répartissent les 27 genres de tétraèdres relativement aux 6 thèmes de dièdres et aux 12 thèmes de faces. Enfin, nous avons étendu la représentation symbolique des trièdres aux angles tétraèdres convexes et aux tétracanthes inversés, de sorte que l'on peut suivre, sur les résilles, les possibilités de passage d'une forme à une autre et sur des tableaux à double entrée la richesse de tel thème de dièdres ou de faces.

---

(2) *Thème :* nombre et disposition des éléments (dièdres ou faces).

MÉCANIQUE. — *Transformations infinitésimales et intégration des équations différentielles de la Mécanique.* Note de M. **François Gallissot**, présentée par M. Henri Villat.

J'utilise les notations et opérateurs $i(x)$ et $\theta(x)$ définis par M. H. Cartan [1] : x étant un champ de vecteurs sur une variété V_{2n+1} à $(2n+1)$ dimensions, nous désignons : 1° par T l'ensemble de ces champs muni de sa structure de module sur l'anneau K des fonctions numériques; 2° par T′ le module des formes différentielles de degré 1 (module dual de T); 3° par A(T′) l'algèbre extérieure des formes extérieures de tous les degrés [2].

Soit $\Omega \in A(T')$ une forme différentielle de degré 2, de rang $2n$. Notre but est d'étudier les transformations infinitésimales du système d'équations différentielles Σ associé à Ω.

Lemme. — *Si* $X \in T$ *vérifie la relation*

$$\theta(X)\Omega = 0, \tag{1}$$

le système différentiel Σ *admet la transformation infinitésimale définie par* $\theta(X)$.

Théorème I. — *Si* $d\Omega = 0$, *à tout* X *vérifiant* (1) *correspond une intégrale première de* Σ *et réciproquement, en entendant par intégrale première une forme de Pfaff fermée qui s'annule sur les lignes intégrales.*

Ce théorème est une conséquence immédiate de la relation entre opérateurs i, θ, d [3],

$$\theta(x)\Omega = i(x)\,d\Omega + d(i(x)\Omega).$$

Ainsi à $X \in T$, $Y \in T$, correspondent respectivement les formes de Pfaff fermées π et σ et inversement, la correspondance étant définie par $i(X)\Omega = \pi$, $i(Y)\Omega = \sigma$. Au crochet de Lie $[X, Y]$ correspond le crochet $[\pi, \sigma]$ qui est le double de la différentielle de la parenthèse classique de Poisson dans le cas particulier où $\pi = df$, $\sigma = dg$, sont des différentielles exactes. Si $[X, Y] = 0$ (X et Y sont alors dits en involution), $[\pi, \sigma] = 0$, on n'obtient pas une intégrale première nouvelle; si $[X, Y] \neq 0$, $[\pi, \sigma]$ est effectivement égale à la différentielle d'une fonction de l'anneau K. A la structure du module des champs de vecteurs X tels que $\theta(X)\Omega = 0$ correspond par dualité la structure du module des différentielles des intégrales premières.

Théorème II. — *Si* $d\Omega = 0$, *à n champs de vecteurs* X^α $(\alpha : 1$ *à* $n)$ *vérifiant* (1) *et de plus deux à deux en involution correspondent n formes de Pfaff fermées* π^α.

---

(1) *Colloque de Topologie*, Bruxelles, 1950, Masson, Paris, 1951, p. 15 à 27. Les références à cet article seront notées C.

(2) Champs, variétés, fonctions, formes sont supposées indéfiniment différentiables.

(3) C. p. 18, relation III.

La forme $\tilde{\Omega}$ induite dans toutes les variétés intégrales du système $\pi^\alpha = 0$ est nulle. L'intégration de Σ s'achève par quadratures.

En effet

$$\Omega = \sum_{\alpha=1}^{n} \pi_\alpha \wedge \pi^\alpha, \qquad d\Omega = d\pi_\alpha \wedge \pi^\alpha$$

en multipliant les deux membres de cette dernière relation par $\pi^1 \wedge \ldots \widehat{\pi^\alpha} \ldots \wedge \pi^n$ (4) *et tenant compte de* $d\Omega = 0$,

$$d\pi_\alpha = 0 \qquad [\bmod \pi^\alpha = 0;\ \alpha(1, n)].$$

Ce théorème complète la théorie de E. Cartan (5) pour les caractéristiques des formes de Pfaff.

V_{2n+1} étant rapporté à un système de coordonnées p_i, q^i, t, appelons forme canonique de Ω la forme $\sum_{j=1}^{n} dr_j \wedge ds^j$, r_j, s^j étant $2n$ fonctions de p_i, q^i, t.

Appelons T_c une transformation réduisant Ω à la forme canonique. Intégrer Σ revient à mettre Ω sous forme canonique, c'est-à-dire à déterminer une T_c. Dans le cas des équations de la mécanique $\Omega = dp_i \wedge dq^i - dH \wedge dt$, H fonction de p_i, q^i, t; pour obtenir une T_c on écrit que la forme $\pi = \Omega - \sum_{j=1}^{n} dr_j \wedge ds^j$ définie sur la variété V_{4n+1} est nulle sur les sous-variétés $r_j = r_j(p_i, q^i, t)$ $s^j = s^j(p_i, q^i, t)$.

On obtient ainsi les cas d'intégrabilité classiques : de Stäckel généralisé, Liouville, Delassus. On peut en obtenir d'autres. Exemples :

$$2H(p_i, q^i, t) = \sum_{j=1}^{n-1} [\gamma_j (p^j)^2 - 2\beta_j q^j p_j p_n] + q^n (p_n)^2 + \alpha q^n,$$

$$2H(p_i, q^i, t) = \sum_{j=1}^{n-1} [\gamma_j q^j (p_j)^2 + 2\beta_j q^j p_j p_n] + q^n (p_n)^2 + \alpha q^n;$$

α, β_j, γ^j étant $(2n-1)$ constantes.

MÉCANIQUE DES FLUIDES. — *Un enregistreur de profil de houle pour laboratoire.* Note de MM. **Lucien Santon** et **Clovis Marcou**, présentée par M. Joseph Pérès.

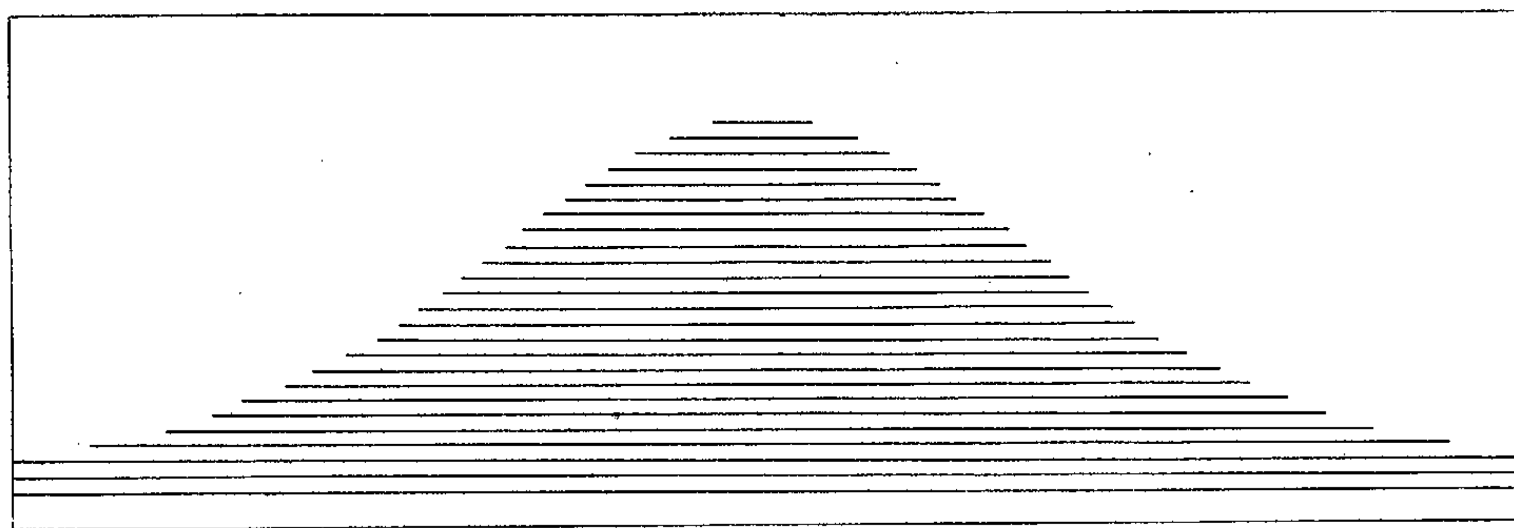
Nous avons réalisé au laboratoire d'Hydraulique de l'Institut Polytechnique de Grenoble un appareil simple permettant de déterminer la

(4) Cette notation signifie qu'on supprime π^α dans le produit $\pi^1 \wedge \ldots \wedge \pi^n$.

(5) *Cf.* E. Cartan, *Leçons sur les invariants intégraux*, Paris, Hermann, 1922, p. 119 à 121.

longueur d'onde et de tracer le profil d'une houle périodique obtenue en laboratoire, c'est-à-dire douée de périodes rigoureusement définies en temps T et en abscisses λ. La cote de la surface libre est une fonction périodique, de période 1 de la variable sans dimension $(t/\mathrm{T})-(x/\lambda)$. Plusieurs appareils utilisent déjà le rôle symétrique joué par les variables temps et abscisse, nous avons utilisé aussi la périodicité.

Une pointe d'abscisse fixe descend d'un mouvement uniforme et à une vitesse faible (de l'ordre de 1 mm/s). A sa rencontre avec l'eau, elle ferme un circuit électrique alimenté par un oscillateur à 5 000 Hz et qui comprend un stylet inscripteur en contact avec un cylindre enregistreur calé sur l'axe du volant qui entraîne le batteur. Le cylindre est recouvert de papier conducteur à couche superficielle sensible et le stylet est animé parallèlement aux génératrices du cylindre d'un mouvement uniforme. La vitesse de ce mouvement peut être la même que celle de la pointe ou en être un multiple connu si l'on veut accentuer la forme de la houle.



Exemple d'enregistrement de houle. (Pour la clarté du dessin on n'a représenté qu'un trait sur six et leur espacement a été doublé.)

Si la pointe et le stylet sont immobiles, la pointe étant à une cote intermédiaire entre les creux et les crêtes de la houle, au passage de chaque vague le circuit sera fermé pendant un certain temps et le stylet tracera un arc de cercle sur le cylindre. Après développement du papier l'inscription donnera un segment de droite et il y aura le même rapport entre la longueur du segment et celle de la circonférence, d'une part, la durée d'immersion et la période T, d'autre part, et aussi la longueur de la houle à la cote de la pointe et la longueur d'onde.

Si maintenant on déclenche les déplacements simultanés de la pointe et du chariot porte-stylet, on tracera des arcs d'hélice dont chacun aura la propriété précédemment donnée pour l'arc de cercle et qui, après développement, donneront des traits parallèles dessinant en hachures régulières et légèrement inclinées l'image du profil de la houle.

En fait cette image est distordue : les profondeurs sont représentées

à une échelle connue, mais la longueur d'onde, quelle que soit sa valeur, est toujours figurée par la circonférence du cylindre. Cette particularité, très utile pour la comparaison de houles de longueurs d'onde différentes, nécessite la détermination précise de cette grandeur.

L'appareil se prête aisément à cette mesure : il suffit de comparer les enregistrements donnés par deux pointes laissées fixes à la même cote et dont la différence des abscisses est bien connue. Chacun de ces enregistrements, que l'on fera successivement et en déplaçant légèrement le chariot porte-stylet en passant de l'un à l'autre, sera constitué comme on l'a vu plus haut par un arc de cercle. Il y a proportionnalité entre le décalage des origines, ou des extrémités, de ces arcs et la longueur de la circonférence d'une part et la distance des pointes et la longueur d'onde d'autre part.

Une précision satisfaisante est obtenue en plaçant les pointes à une distance l'une de l'autre voisine d'une longueur d'onde et en amenant leurs extrémités à une cote pour laquelle la houle présente la pente maximum. Cette dernière condition est convenablement satisfaite si les pointes affleurent l'eau immobile.

MÉCANIQUE DES FLUIDES. — *Sur le passage par la vitesse du son au cours de la détente d'un gaz en combustion.* Note de M. **Max Serruys**, présentée par M. Armand de Gramont.

Méthode de calcul différentiel simple permettant d'élucider l'influence des différents facteurs qui interviennent dans l'écoulement laminaire varié, dans une tuyère de profil quelconque, d'un mélange gazeux (dénué de viscosité) en cours de combustion ; et de préciser la condition à satisfaire pour que les gradients de vitesse et de pression restent finis au passage de la « vitesse du son ».

Prenant pour base des calculs les équations fondamentales et classiques :

1° de la Mécanique des fluides (pour un axe Os tangent à la trajectoires) :

$$\frac{dW}{dt} = \frac{\partial W}{\partial t} + W\frac{\partial W}{\partial s} = -\frac{1}{\rho}\frac{\partial P}{\partial s};$$

2° de continuité :

$$\frac{\partial(\rho\Sigma W)}{\partial s} + \frac{\partial(\rho\Sigma)}{\partial t} = 0;$$

3° de conservation de l'énergie :

$$d\left(\frac{1}{2}W^2\right) + dU + dE = dQ + d\mathfrak{T}$$

(où E représente l'énergie potentielle chimique du mélange gazeux à l'instant t et dans la tranche Σ considérés).

4° d'état du fluide (supposé dénué de viscosité).

$$\frac{P}{\rho} = \frac{R}{M}T$$

et admettant qu'on a affaire à un écoulement varié, mais laminaire, dans une tuyère quelconque mais de profil invariable, on a obtenu l'équation différentielle suivante définissant le gradient de vitesse :

$$\left(\frac{a^2-W^2}{\gamma-1}\right)\frac{\partial W}{\partial s}=\frac{W}{\gamma-1}\frac{\partial W}{\partial t}+\frac{dQ-dE}{dt}-\frac{a^2}{\gamma-1}\frac{1}{M}\frac{dM}{dt}-a^2\frac{W}{\gamma-1}\frac{1}{\Sigma}\frac{\partial\Sigma}{\partial s}$$

et l'équation relative au gradient de pression

$$-(a^2-W^2)\frac{\partial P}{\partial s}=\rho a^2\frac{\partial W}{\partial t}+\rho W\left[(\gamma-1)\frac{dQ-dE}{dt}-\frac{a^2}{M}\frac{\partial M}{\partial t}\right]-\rho a^2 W^2\frac{1}{\Sigma}\frac{\partial\Sigma}{\partial s}.$$

Ces deux équations mettent en évidence :

1° La possibilité de donner à la divergence de la tuyère $(1/\Sigma)(\partial\Sigma/\partial s)$, au flux d'énergie $(dQ-dE)/dt$, à la variation de masse moléculaire moyenne $(1/M)(dM/dt)$, et même à l'accélération de l'écoulement $(\partial W/\partial t)$, *n'importe quelles valeurs*, pour les vitesses autres que la « vitesse du son » $a=\sqrt{\gamma(R/M)T}$;

2° La possibilité d'assimiler *au point de vue des gradients de vitesse et de pression* l'écoulement avec combustion (ou apport de chaleur) en question, à un écoulement adiabatique réversible, à condition d'admettre pour la divergence de la tuyère la valeur fictive

$$\frac{d\Sigma}{\Sigma}+\frac{dM}{M}-\frac{dQ-dE}{CT};$$

3° la nécessité pour les paramètres cités au 1° d'obéir à la relation

$$W\frac{\partial W}{\partial t}+(\gamma-1)\frac{dQ-dE}{dt}-\frac{a^2}{M}\frac{dM}{dt}-a^2\frac{W}{\Sigma}\frac{\partial\Sigma}{\partial s}=0$$

pour que les gradients de vitesse et de pression restent finis dans la section Σ où la vitesse du fluide devient égale à la « vitesse du son » a;

4° l'apparition nécessaire de deux ondes de choc de sens inverses au voisinage de la section où le fluide atteint la « vitesse du son » a si la relation citée au 3° n'est pas satisfaite.

Les calculs développés sur la base des équations en question permettent en outre de préciser l'influence propre des différents paramètres ci-dessus mentionnés sur la vitesse, la pression, la température, la densité, et même l'exposant de l'évolution polytropique « tangente » à l'évolution réelle du fluide dans la section considérée, et ce, tant dans le cas général que dans les principaux cas particuliers à envisager (régime permanent, détente isentropique, tuyère cylindrique, etc.).

Les conclusions correspondantes et en particulier la séparation des sections correspondant au col et à la « vitesse du son », dans l'écoulement permanent avec apport de chaleur et l'effet accélérateur d'une soustraction de chaleur aux vitesses supersoniques feront l'objet d'une publication très prochaine.

ASTROPHYSIQUE. — *Observation de* AE Aquarii.
Note (*) de M. **François Lenouvel**, présentée par M. André Danjon.

Du 20 juin au 2 juillet 1952, nous avons observé l'étoile variable AE *Aqr* au télescope de 120 cm de l'Observatoire de Haute-Provence avec le photomètre précédemment décrit ([1]). Les principaux résultats de sept nuits d'observation, représentant un total de 18 h de mesures, sont résumés ici. Cette étude nous a été suggérée par ([2]), et son intérêt avait déjà été soulevé dans ([3]) et ([4]). Le spectre est désigné comme « peculiar » dans la liste ([5]), qui contient des étoiles à raies H et K en émission. AE *Aqr* est une variable qui présente de brusques explosions, aussi nous avons pensé qu'un enregistrement continu en plusieurs couleurs nous permettrait d'obtenir des détails sur la courbe de lumière. Les trois filtres colorés utilisés ont 1 mm d'épaisseur, ce sont les verres de Schott UG 1, BG 12 et OG 4 A. L'étoile de comparaison choisie a pour coordonnées : 20 h 34 m 40 s, — 1° 21′, (1900,0).

Nous avons consacré le début de la nuit du 22 juin, à rattacher nos mesures photoélectriques aux échelles internationales de magnitude et d'indice de couleur. Sept étoiles de la séquence polaire Nord ont été mesurées ; on en déduit les valeurs suivantes pour l'étoile de comparaison :

m_{py}...... 11,26 m_{pg}...... 11,73 C_{Int}...... 0,47

Pendant les trois premières nuits, nous avons observé alternativement AE *Aqr* à travers les filtres bleu et jaune. La remarque faite dans ([6]) nous a incité à effectuer quelques mesures les nuits suivantes en ultraviolet.

La figure 1 donne deux exemples des courbes de lumière où nous avons aussi reporté les mesures faites en ultraviolet. L'examen de l'ensemble des courbes de lumière conduit aux résultats suivants.

L'instant comme l'amplitude de l'explosion sont des phénomènes erratiques. La période moyenne des explosions semble de l'ordre de 50 m. La courbe de lumière montre des ondulations lentes et irrégulières auxquelles se superposent des explosions. Les ondulations lentes ont une amplitude un peu inférieure à celle des explosions, mais elles s'étendent sur une durée de plusieurs heures. Les explosions durent de 5 à 10 m et la pente de la phase montante est toujours supérieure à celle de la phase descendante. Sur les

(*) Séance du 1er septembre 1952.
([1]) *Comptes rendus*, **232**, 1951, p. 385.
([2]) *Sky and Telescope*, juin 1952, p. 204.
([3]) *Pop. Astr.*, 55, p. 557.
([4]) *Pop. Astr.*, 56, p. 162.
([5]) *Ap. J.*, **109**, p. 231.
([6]) *The Story of Variable Stars by Campbell and Jacchia*, p. 154.

22 explosions enregistrées, certaines s'imbriquent l'une dans l'autre; on retrouve le 23 juin vers 23 h 50 et le 25 juin vers 0 h 50 (*fig.* 1) des explosions dont l'allure est comparable aux explosions observées sur une étoile analogue AD *Leo* (BD + 20° 2465) (7), (8).

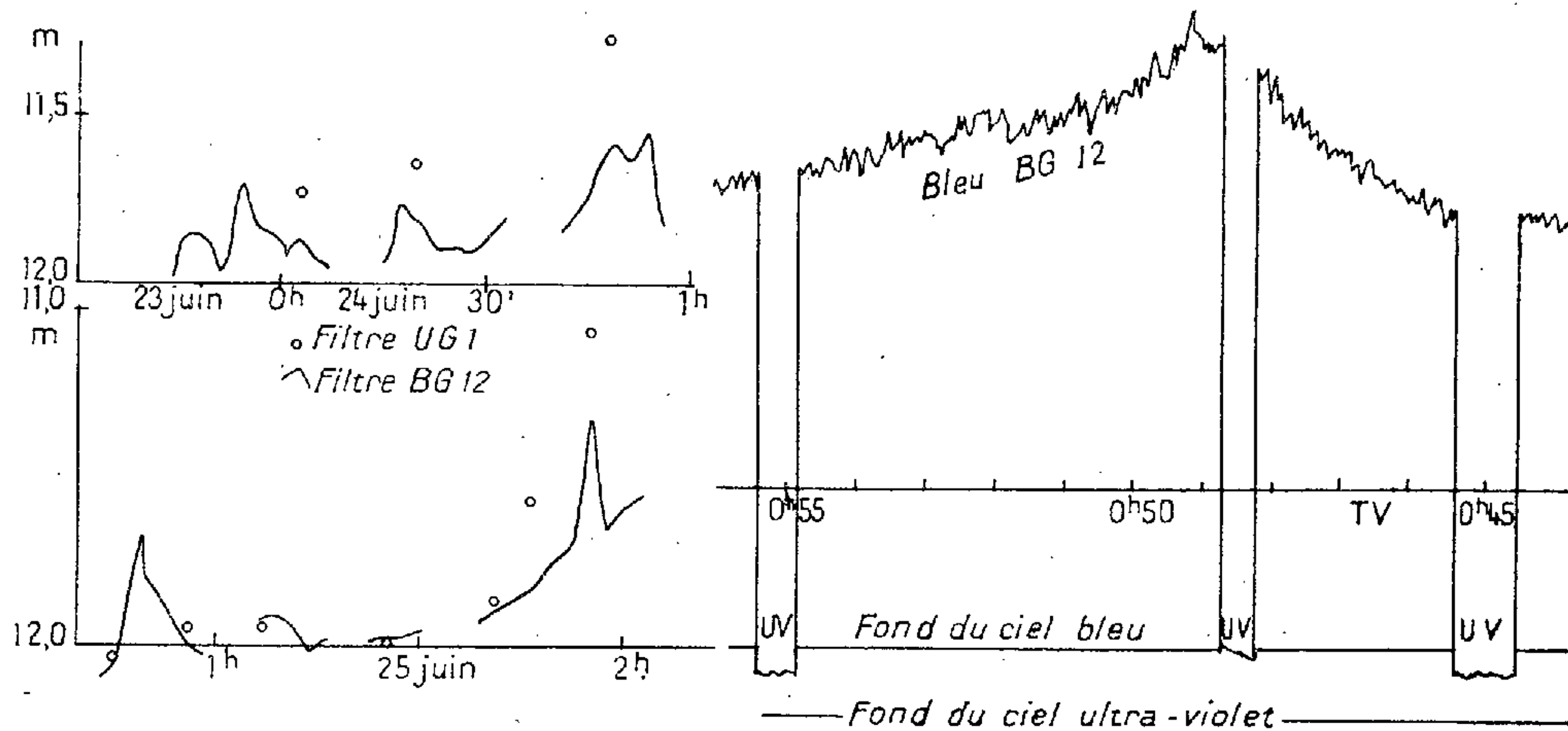


Fig. 1. Fig. 2.

La figure 2 reproduit l'enregistrement direct d'une explosion; la vitesse du déroulement était de 2 cm/m. Il n'y avait pas de phase constante au maximum mais un point anguleux. La rapidité des variations rend difficile l'étude

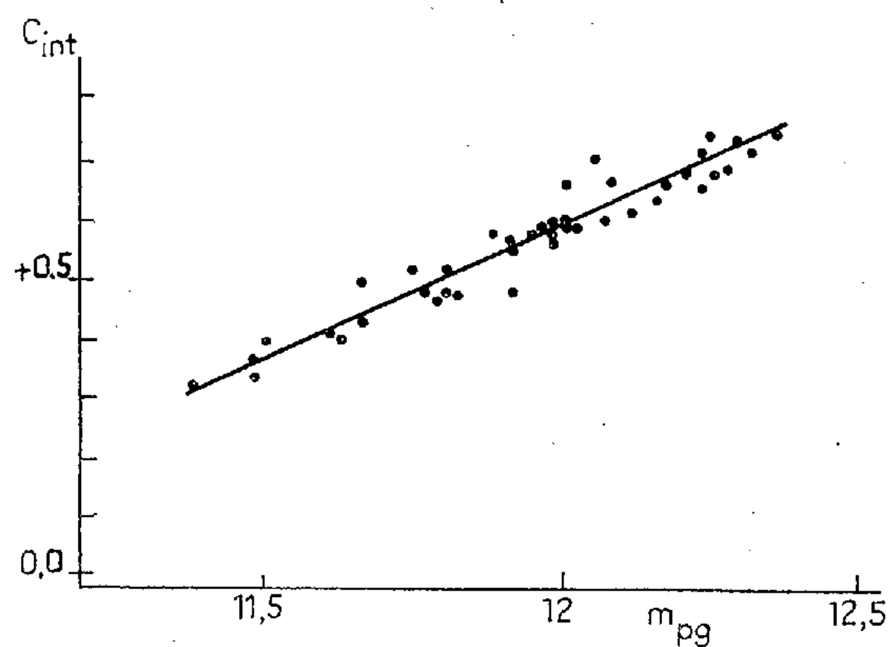


Fig. 3.

simultanée en deux couleurs, car rien ne permet de prévoir l'instant ni l'amplitude de l'explosion.

Nous avons toujours vérifié que l'amplitude de toutes les explosions variait

---

(7) *P. A. S. P.*, n° 61, 1949, p. 210.
(8) *P. A. S. P.*, n° 64, 1952, p. 129.

en sens inverse de la longueur d'onde effective employée. Il est donc intéressant de considérer la variation de l'indice de couleur et nous avons tracé (*fig.* 3) la courbe qui donne l'indice de couleur en fonction de la magnitude photographique. Les points s'alignent sur une droite et rien n'y distingue les explosions car à certaines magnitudes peut correspondre soit un point d'une phase calme mais lentement variable, soit un point d'une explosion. La même remarque peut être faite en considérant un indice de couleur bleu-ultraviolet.

Au cours de toutes nos observations, nous avons mesuré souvent l'étoile de comparaison au détriment de l'enregistrement continu de la variable. La perte d'une partie des mesures est largement compensée par la précision et la sécurité des résultats. Les mesures sur l'étoile de comparaison nous déterminent la droite de Bouguer de la nuit et la dispersion des points autour de cette droite nous renseigne sur l'ordre de grandeur des fluctuations de la transparence atmosphérique.

ASTROPHYSIQUE. — *Étude et résolution du grand nuage stellaire situé dans la direction du centre de la Voie Lactée.* Note de MM. **Jean Dufay, Joseph-Henri Bigay, Pierre Berthier** et **Jean Texereau**, présentée par M. André Danjon.

Le nuage brillant que les auteurs ont photographié au moyen des radiations du proche infrarouge a été, en grande partie, résolu en étoiles avec le télescope Schmidt de l'Observatoire de Haute-Provence. L'étude photométrique des clichés pris avec un objectif de plus courte longueur focale a permis, moyennant certaines hypothèses plausibles, d'évaluer l'absorption interstellaire totale dans l'infrarouge, le rouge et le bleu.

1. Les observations rapportées dans une Note précédente [1] suggéraient la possibilité de résoudre en étoiles le grand nuage brillant que nous avons photographié dans la direction du centre galactique au moyen des radiations du proche infrarouge. En dépit de sa courte longueur focale (59,4 cm, ouverture relative F/2), le télescope Schmidt de l'Observatoire de Haute-Provence, construit par A. Couder, nous a conduits à des résultats positifs. La résolution n'est sans doute encore que partielle dans la région centrale la plus dense du nuage, mais elle paraît complète dans les régions périphériques.

Désignons par B le nuage visible seulement en lumière infrarouge, par A le grand nuage du Sagittaire, bien visible en bleu, et par C la bande sombre intermédiaire. Des dénombrements d'étoiles effectués sur 1° carré dans les régions B et C nous ont donné :

pour $\lambda \simeq 4260$ Å, 2190 étoiles en B, 1270 en C (rapport 1,72);
pour $\lambda \simeq 8100$ Å, 3850 étoiles en B, 1110 en C (rapport 3,46).

---

(1) J. Dufay, J. H. Bigay et P. Berthier, *Comptes rendus*, 235, 1952, p. 120.

L'augmentation du nombre d'étoiles dans le proche infrarouge porte essentiellement sur les astres les plus faibles, vraisemblablement situés derrière les masses absorbantes, qui sont près de 5 fois plus nombreux en B qu'en C et seulement 1,5 fois plus nombreux en lumière bleue. Pourtant quelques étoiles à peine visibles en bleu sont proéminentes sur les photographies infrarouges, où leur éclat peut surpasser celui des étoiles de la classe G de 7e magnitude photographique. Il s'agit sans doute de géantes rouges, dont l'indice de couleur est encore fortement accru par l'absorption insterstellaire.

2. L'étude photométrique des clichés obtenus précédemment ([1]) avec l'objectif de 160mm de longueur focale, où les plages brillantes ne sont pas résolues en étoiles, nous a permis d'autre part d'étudier la répartition de la brillance sur les régions A, B et C, pour des longueurs d'onde effectives voisines de 4260, 6560 et 8300 Å. Les isophotes infrarouges ressemblent à ceux qu'ont tracés Kaliniak, Krassovsky et Nikonov ([2]) au moyen de leur convertisseur d'images électronique ($\lambda \simeq 9800$ Å), bien que nous trouvions une séparation moins complète des nuages A et B vers le Sud.

3. Admettons provisoirement avec les astronomes russes que les nuages A et B font partie d'un même ensemble et que leur séparation apparente résulte de la superposition d'une bande absorbante plus opaque en C; supposons de plus que les trois régions A, B et C auraient en moyenne, abstraction faite de l'absorption, la même brillance propre N, pour une longueur d'onde déterminée. Soit R_B le rapport entre les brillances moyennes des régions A et B qui résulte de nos mesures. En désignant par L la brillance de la haute atmosphère, uniforme sur toute l'aire étudiée, et par T_A et T_B les facteurs de transmission interstellaires relatifs aux deux régions, nous pouvons écrire

$$NT_B + L = R_B(NT_A + L). \qquad (1)$$

Or la connaissance de l'excès de couleur de l'amas globulaire NGC 6522, englobé dans la région A ([3]) conduit à une valeur approchée de T_B pour $\lambda \simeq 4260$ Å et l'on peut évaluer les facteurs de transmission relatifs à d'autres longueurs d'onde au moyen de la courbe d'absorption de Whitford ([4]). La relation (1) permettrait donc de calculer, pour chacune des trois bandes spectrales étudiées, le facteur de transmission T_B, à condition de connaître le rapport L/N.

Mais les mesures relatives à la région C donnent une équation analogue, où figurent le rapport connu R_C des brillances moyennes en C et en A, et le fac-

---

([2]) *Izvestia de l'Observatoire de Crimée*, 6, 1951, p. 119.

([3]) J. Stebbins et A. E. Whitford, *Astrophysical Journal*, 84, 1936, p. 132.

([4]) *Astrophysical Journal*, 107, 1948, p. 102. On suppose qu'il n'y a pas d'absorption neutre, conformément au résultat obtenu par l'un de nous (J. Dufay, *Comptes rendus*, 228, 1949, p. 1277).

teur de transmission T_C. Comme la lumière transmise est très petite en C, en négligeant, dans cette dernière équation, le produit NT_C par rapport à L, on obtient une limite supérieure de L/N, qui, portée dans (1), donne une limite inférieure de T_B, ou, si l'on préfère, une limite supérieure de l'absorption correspondante en magnitude Δm_B. L'approximation ainsi réalisée suffit certainement pour les petites longueurs d'onde, mais elle doit être moins satisfaisante dans l'infrarouge. Les éléments et les résultats des calculs sont rassemblés dans le Tableau ci-dessous :

λ.	T_A.	R_C.	$\frac{L}{N}$.	R_B.	T_B.	Δm_B.
4260 Å........	0,092	0,55	0,112	0,59	0,0088	5,14 magn
6560 Å........	0,27	0,51	$\leqq$0,29	0,64	$\geqq$0,069	$\leqq$2,90 »
8300 Å........	0,47	0,65	$<$0,86	0,77	$>$0,166	$<$1,95 »

Ces résultats sont assez cohérents, car, d'après la courbe d'absorption de Whitford, à $\Delta m_B = 5,14$ magn pour 4260 Å, correspondraient respectivement pour 6560 et 8300 Å $\Delta m_B = 2,80$ et 1,63 magn. On retiendra de cette discussion que l'absorption totale devant le nuage B peut être de l'ordre de 5, 3 et moins de 2 magnitudes dans chacune des bandes spectrales considérées.

4. D'après les étoiles les plus brillantes de l'amas NGC 6522, Baade ([5]) estime à 9000 parsecs environ (compte tenu de l'absorption) la distance du nuage A, dont la population stellaire appartient au type II. L'ensemble des régions A, B et C, toujours supposées liées entre elles, représenterait alors un nuage d'environ 1600 parsecs de diamètre, qui pourrait constituer ou contenir le noyau central de la Voie Lactée.

PHYSIQUE THÉORIQUE. — *Sur une image simple des phénomènes de fission nucléaire.* Note de M. **Daniel Curie**, présentée par M. Frédéric Joliot.

Pour expliquer l'asymétrie de la fission, on considère le noyau d'uranium comme constitué d'un cœur saturé entouré d'une membrane de nucléons, la fission consistant en l'arrachement de cette membrane. Applications à l'allure de la courbe des rendements de fission et à la loi de variation des vies de fission spontanée en fonction de Z^2/A.

De nombreuses tentatives ont été faites pour expliquer la différence des masses des deux fragments de fission; mais aucune ne donne l'image concrète simple que l'on attendrait devant l'importance du phénomène : la fission de ^{235}U par neutrons lents en deux fragments de masses respectives ≈ 95 et 140 étant plusieurs centaines de fois plus probable que la fission symétrique.

([5]) *Publications of the Astronomical Society of the Pacific*, 58, 1946, p. 249.

1. Nous avons examiné une première possibilité d'explication : Revenant à la théorie élémentaire de la fission (*voir* Fermi, *Nuclear Physics*), on considère la fission comme le passage d'une particule à travers ou par dessus une barrière coulombienne, dont la hauteur B est proportionnelle au produit des Z des fragments de fission et donc maximum pour la fission symétrique.

Mais l'énergie disponible E (différence des masses) est alors aussi maximum, et le calcul montre que la fission symétrique reste la plus probable. *Il est donc douteux qu'un raffinement des considérations de barrière de potentiel et d'énergie disponible conduise à une asymétrie importante.*

Cependant, on trouve ainsi que la hauteur effective de la barrière $\beta = B - E$ est proportionnelle à $A^{2/3}(x_{\text{lim}} - x)$, où $x = Z^2/A$, rendant compte *grosso modo* de la loi empirique récemment mise en évidence de variation des vies de fission spontanée avec x ([1]). De plus, x_{lim} peut être rendu égal à la valeur expérimentale 47 en calculant la barrière B lorsque les deux fragments de fission sont séparés par une distance de l'ordre du rayon d'action des forces nucléaires.

2. Ainsi l'asymétrie de la fission doit être reliée aux probabilités de préformation des différents couples de noyaux avant expulsion. L'influence de la structure en couches sur ces probabilités a été postulée depuis longtemps. Mais l'émission d'un noyau de nombre magique déterminé ne peut expliquer que le rôle particulier de ce noyau par rapport à ceux immédiatement voisins, et non l'allure générale de la courbe de rendement.

Nous considérons *les couches nucléaires, en première approximation, comme constituant réellement des couronnes concentriques.* Cette idée a un support expérimental dans l'examen détaillé de la loi d'augmentation des rayons nucléaires avec le nombre de masse ([2]).

Il est alors naturel d'admettre que *le noyau d'uranium est constitué par un cœur central saturé, entouré d'une couronne de nucléons.* Yasaki et Miyatake ([3]) ont déjà étudié théoriquement la déformation d'une goutte liquide possédant un tel cœur indéformable. Leurs calculs, très complexes, conduisent à l'asymétrie, mais ne peuvent se traduire par une image simple, et de plus le cœur postulé semble peu admissible (excès de protons, masse insuffisante).

Nous proposons d'envisager la fission comme *l'arrachement de la couronne de nucléons*, supposée peu liée au cœur, qui fournira le fragment lourd ; la couronne une fois déchirée en un point se rassemblera en un fragment

---

([1]) W. J Whitehouse et W. Galbraith, *Nature*, 169, 1952, p. 494 ; G. T. Seaborg, *Phys. Rev.*, 85, 1952, p. 157.

([2]) D. Curie, *J. Phys. Rad.*, 12, 1951, p. 941.

([3]) *Phys. Rev.*, 79, 1950, p. 740 ; *Phys. Rev.*, 80, 1950, p. 754.

plus léger, l'énergie d'interaction de ses nucléons étant supérieure à leur énergie d'interaction avec les nucléons du cœur.

Nous considérons qu'il y a tendance à la formation d'un cœur doublement magique, comprenant 50 protons et 82 neutrons. Ce noyau (^{132}Sn) n'existe pas dans la nature; mais il est admissible de lui supposer une certaine stabilité dans le noyau d'uranium, de même que le neutron est stable dans un noyau et instable à l'extérieur (les isotopes ^{130}Sn et ^{131}Sn sont connus, avec les périodes respectives 3 jours et 5 h, soit déjà longues devant celle du neutron).

On voit aisément que la couronne extérieure est très mince (épaisseur moyenne un nucléon) et fragile. En général, elle abandonnera quelques nucléons sur le cœur : c'est pourquoi le maximum est à $A = 140$.

Remarquons qu'il n'est pas nécessaire de postuler l'existence constante d'un cœur à surface bien définie; il suffit d'admettre, entre cœur et couronne, une zone de moindre résistance pour que le noyau se coupe, du moins aux faibles énergies d'excitation, suivant cette zone. Notons qu'une déformation aussi compliquée qu'une déchirure suivie d'un regroupement de la couronne, puis de son arrachement définitif, ne peut certainement pas s'exprimer en fonction d'un nombre restreint de polynomes de Legendre comme dans les théories usuelles. La densité en protons du fragment léger sera de l'ordre de 0,42, ce qui est confirmé par l'expérience.

La déchirure de la couronne peut également se produire spontanément : si un proton s'éloigne du cœur à plus de 2 (potentiel en trou) à 4.10^{-13} cm (potentiel mésique), il n'est plus soumis, de la part du cœur, qu'à la force répulsive coulombienne. Mais les deux noyaux ainsi formés étant encore partiellement réunis, il leur faut quitter le puits de potentiel nucléaire, ce qui fait intervenir la barrière β calculée en 1.

Cette barrière, qui est minimum pour la fission symétrique, provoque une dissymétrie de la courbe des rendements de fission au voisinage des maxima, avantageant la partie centrale par rapport aux bords, ce que l'on observe effectivement.

MÉTROLOGIE. — *Méthode pour comparer une longueur à bouts et une longueur à traits.* Note de M. **Jean Terrien**, présentée par M. André Danjon.

On constitue une longueur à traits en prolongeant chaque extrémité de l'étalon à bouts par des abouts transparents tracés, sans contact matériel.

La méthode préférée pour comparer un étalon à bouts et un étalon à traits est celle utilisée pour la première fois par A. Bonhoure [1] et qui

[1] *Procès-Verbaux, Comité International des Poids et Mesures*, 1935, p. 30.

consiste à appliquer à chaque extrémité du premier une pièce auxiliaire, appelée about, sur laquelle est gravé un trait. L'étalon composite ainsi formé est comparé à un étalon à traits connu. Il faut tenir compte de l'épaisseur des abouts, que l'on détermine par une mesure interférentielle par exemple, mais la position du trait sur chacun d'eux n'intervient pas, car on mesure une deuxième fois l'étalon composite après avoir retourné les abouts.

La principale difficulté est d'assurer le contact des surfaces sans interposition de poussières ni déformation. On a pensé y parvenir avec des surfaces planes d'acier trempé, analogues à celles des calibres Johansson en acier, qui peuvent être mises en adhérence ([2]). L'épaisseur des films d'adhérence s'élimine en grande partie si elle se reproduit fidèlement; mais les adhérences ne semblent pas se reproduire toujours d'une façon identique ([3]).

De plus, les traits de l'étalon composite doivent être sur la fibre neutre; or, il n'est pas toujours facile d'effectuer le tracé au fond d'une cavité au centre des abouts. Enfin, la méthode d'adhérence n'est applicable qu'à des étalons à bouts plans, et même pour ces derniers, il est difficile de tenir compte des légers défauts de planéité qui déforment les surfaces lorsqu'elles sont en adhérence.

Dans la méthode nouvelle que je propose, on opère selon des principes analogues, mais les abouts en acier sont remplacés par des abouts transparents formés de blocs plan-parallèles en verre ou en silice fondue dont on mesure l'épaisseur par les interférences. Il en résulte plusieurs avantages :

1° Le contact n'est plus nécessaire, on laisse, entre les surfaces, une mince lame d'air mesurable par les interférences. Les incertitudes du contact sont donc éliminées.

2° Les traits sont tracés sur la face postérieure du bloc et observés par transparence; leur image, vue par réfraction, occupe une position fixe à l'intérieur de l'about, aux aberrations près qui sont négligeables dans les conditions habituelles et peut être amenée sur l'axe de l'étalon à bouts.

3° Les faces terminales de l'étalon à bouts peuvent être planes ou sphériques, elles ne sont déformées par aucun contact mécanique, leurs défauts sont visibles et mesurables par les interférences.

4° Les réglages géométriques nécessaires sont facilement contrôlables par des méthodes optiques.

([2]) Pour plus de détails, *voir* A. Pérard, *Comptes rendus*, 206, 1938, p. 497 et aussi J. E. Sears, *Proc. Roy. Soc.*, A 186, 1946, p. 160, qui propose une méthode un peu différente de celle que nous avons indiquée.

([3]) C. F. Bruce et W. A. F. Cunningham, *Austral. J. Appl. Science*, 3, 1952, p. 210, signalent des variations atteignant exceptionnellement 0,2 μ sur l'épaisseur du film d'adhérence.

5° Rappelons enfin que les vibrations lumineuses subissent une perte de phase à chaque réflexion. Dans notre méthode, les surfaces sont toujours localisées optiquement. L'étalon à bouts intervient uniquement par sa longueur optique, précisément celle que l'on obtient lorsqu'on le mesure avec une longueur d'onde étalon. La méthode se prêterait donc particulièrement bien à la mesure d'un étalon à traits à partir d'une longueur d'onde étalon, mesure qui deviendrait nécessaire pour connaître la longueur des mètres étalons à traits, si l'unité de longueur était définie, ainsi qu'on le propose, par une longueur d'onde étalon et non plus par le Mètre prototype international en platine iridié.

Cette méthode vient d'être mise à l'épreuve au Bureau International des Poids et Mesures par des expériences préliminaires, sans qu'aucune difficulté imprévue se soit présentée. Il semble que la précision de la comparaison de deux étalons, l'un à bouts et l'autre à traits, puisse ainsi rester celle de la comparaison de deux étalons de même type.

MAGNÉTISME. — *Influence de l'oxygène en solution solide dans les fers de haute pureté sur certaines propriétés magnétiques dans les champs alternatifs faibles.* Note de MM. **Jean Bourrat, Georges Chaudron** et **Israël Epelboin**, présentée par M. Eugène Darmois.

On sait que le champ coercitif et la perméabilité maximum ne sont pas liés directement au degré de pureté du fer (1). Il n'en est pas de même des propriétés magnétiques dans les champs faibles et les auteurs de cette Note ont établi des relations entre certaines caractéristiques magnétiques et la teneur en O_2 en solution solide dans les fers de haute pureté.

Les mesures sont effectuées avec quatre fers (2) longuement recuits dans l'hydrogène électrolytique pur et sec; les principales impuretés sont données dans le tableau ci-dessous.

Nature du fer.	Désignation.	Cu (%).	As (%).	Mn (%).	Ni (%).	Co (%).	S, C, N_2 et O_2 (%).
Fer spectroscopiquement pur....	S	0,0003	0,0004	0,0005	0,0081	0,0064	0,001 à 0,002
Fer chimique (Vitry)...........	C	0,0001	0,0001	0,0002	0,0007	0,0008	0,001 0,002
Fer obtenu par fusion oxydante et réductrice....................	F	0,0010	0,0000	0,0004	0,0108	0,0042	0,001 0,002
Fer électrolytique (Vitry).......	E	0,0010	0,0001	0,0002	0,0013	0,0200	0,001 0,002

Dans ces fers, nous avons introduit en solution solide une teneur déterminée d'oxygène. Un traitement thermique comportant après saturation un

(1) H. E. Cleveas et J. M. Hiegel, *J. Research Nat. Bureau of Standards*, 28, 1942, p. 643.

(2) J. Talbot et G. Chaudron, *Journées d'Automne de la S. F. M.*, Paris, 1952.

recuit sous vide à 950° suivi d'un refroidissement assez rapide jusqu'à 500°, puis beaucoup plus lent jusqu'à la température ambiante, évite les trop fortes tensions de trempe et permet de conserver intégralement l'oxygène en solution solide; nous avons vérifié ce résultat par micrographie ([3]).

Nos mesures portent sur une quantité de métal assez faible, de l'ordre de 0,3 g (le noyau magnétique ne comporte qu'un seul anneau). Nous relevons en fonction de l'amplitude du champ ($H \leqq 21$ mOe) et de la fréquence ($40\,\text{Hz} \leqq f \leqq 10\,\text{KHz}$) la perméabilité complexe $\bar{\mu} = \mu_1 - j\mu_2$. Tous les échantillons étudiés obéissent à la loi de Rayleigh $\mu_a = \mu_0 + 2bH$, μ_0 et b étant les coefficients de Rayleigh et μ_a la perméabilité d'amplitude mesurée en basse fréquence ou calculée à partir de $\bar{\mu}$ pour $f \to 0$. Avec de faibles pertes

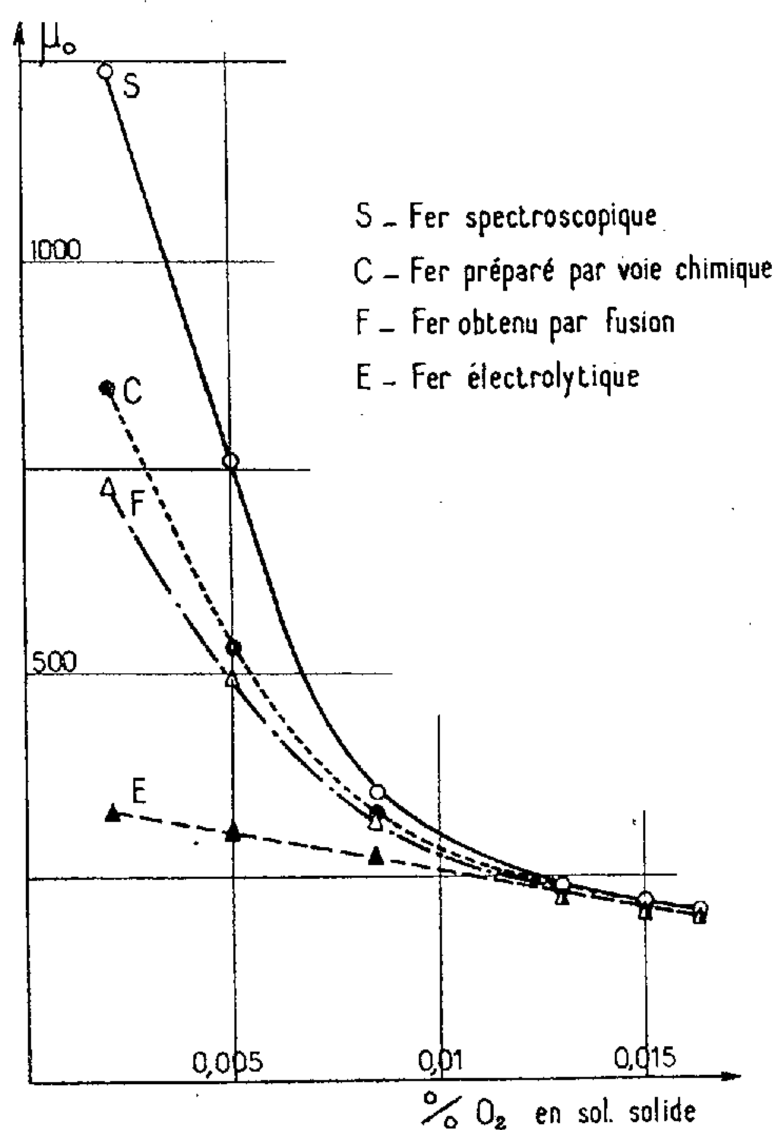


Fig. 1.

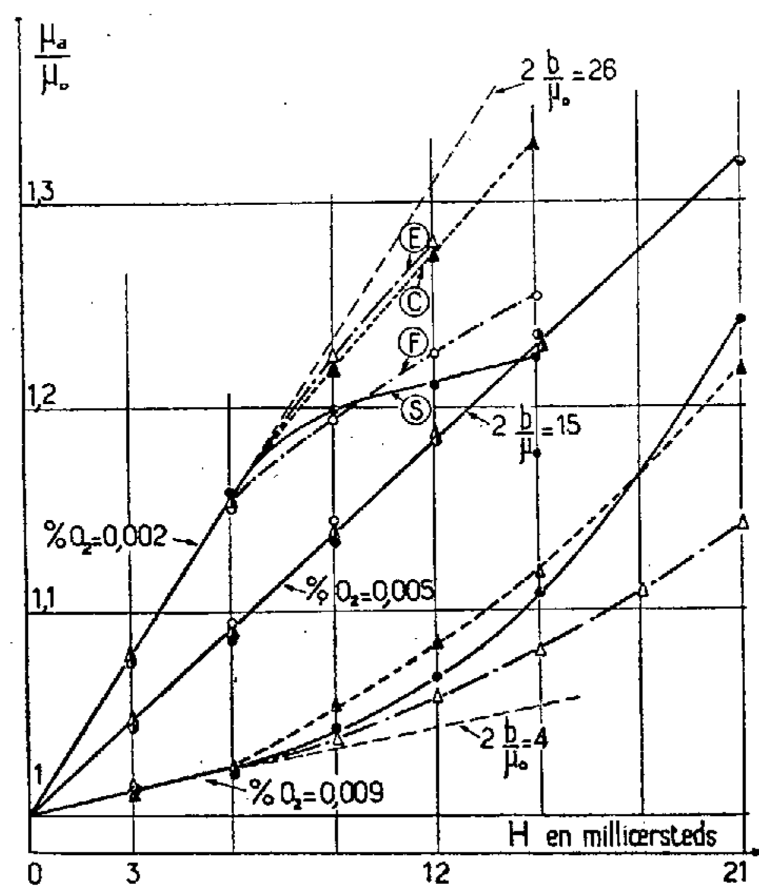


Fig. 2.

magnétiques ($\mu_2/\mu_1 \leqq 0,2$), nous avons obtenu $\mu_2/\mu_1 = \varepsilon + 2\pi^2 e^2 \mu_0 (1 + \varepsilon^2)/3\rho_a$ e, épaisseur du ruban, ε, constante de traînage de Jordan (toujours inférieure ici à 10^{-3}) et ρ_a résistivité apparente, en général différente de la résistivité électrique ρ. Dans le domaine de fréquences et de champs étudiés, la durée de stabilisation de l'aimantation est négligeable.

Nous avons choisi l'épaisseur du ruban (100 μ), d'une part pour éviter

([3]) J. Bourrat, *Journées d'Automne de la S. F. M.*, Paris, 1952.

l'influence perturbatrice des domaines de Weiss, d'autre part, pour permettre une purification plus complète dans H_2 à la température de 850° pendant un temps de l'ordre de 14 jours ([4]).

La figure 1 indique les variations de la perméabilité initiale μ_0 en fonction de la teneur en O_2 en solution solide ; on constate que l'influence des impuretés métalliques est prépondérante lorsque la quantité de O_2 dissoute est faible. Cette influence s'estompe à mesure que croît la teneur en oxygène et elle s'annule sensiblement pour une teneur voisine de 0,013 % ; la seule impureté métalloïdique (O_2) détermine alors les variations de la perméabilité initiale. Signalons que ρ_a croît considérablement quand la teneur en O_2 dissous augmente. On a alors $\rho/\rho_a < 1$.

Lorsque la teneur en O_2 est faible, il semble possible toutefois de la relier à une autre variable qui est l'hystérésis magnétique. Donnons à l'équation de la courbe d'aimantation la forme $\mu_a/\mu_0 = f(\mathrm{H})$ (*fig.* 2). On constate qu'à l'intérieur du domaine de Rayleigh (portion rectiligne de la courbe), la pente est la même pour les quatre fers et dépend uniquement de la teneur en O_2 en solution solide, les impuretés métalliques n'intervenant pas. En effet, le coefficient $2b/\mu_0$ prend des valeurs nettement différentes. Au delà du domaine de Rayleigh, les courbes représentatives s'écartent différemment de la droite et l'écart, négatif aux très faibles teneurs devient positif quand croît la teneur en oxygène.

Dans les fers de haute pureté, le rapport $2b/\mu_0$ entre les déplacements irréversibles et réversibles des parois de Bloch semble dépendre uniquement de la teneur en oxygène. Nos mesures donnent également des renseignements sur la mobilité des impuretés métalloïdiques. Nous les poursuivons en vue d'étudier le comportement d'autres impuretés de plus faibles rayons atomiques susceptibles de modifier sensiblement la durée de stabilisation de l'aimantation ([5]).

CHIMIE PHYSIQUE. — *Spectres Raman des solutions d'acide acétique dans l'eau.* Note (*) de Mme **Suzanne Fénéant**, présentée par M. Jean Cabannes.

Le schéma (I) suivant représente les spectres Raman des mélanges d'acide acétique et d'eau. Lorsqu'on passe de l'acide pur aux solutions de plus en plus diluées, les modifications spectrales sont les suivantes :

([4]) I. Epelboin, *Comptes rendus*, **233**, 1951, p. 338.

([5]) L. Neel, *J. Phys. Rad.*, **13**, 1952, p. 249.

(*) Séance du 17 novembre 1952.

1° Léger déplacement de la raie 442 cm^{-1}.

2° Augmentation d'intensité de la raie faible 600 cm^{-1} par rapport à la raie voisine intense 617 cm^{-1}.

3° Élargissement de la raie 900 cm^{-1} avec léger déplacement vers les basses fréquences que l'on peut interpréter comme étant dû au renforcement de la raie faible 880 cm^{-1} voisine de 900 cm^{-1} sur le spectre de l'acide pur.

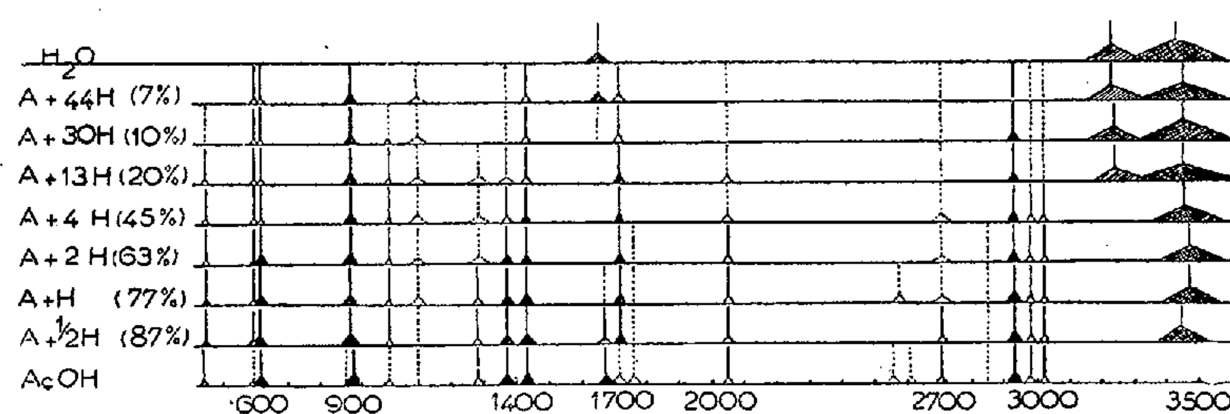


Schéma (I).

4° Renforcement par rapport aux autres raies du spectre de l'acide acétique, de la raie faible 1 020 cm^{-1}.

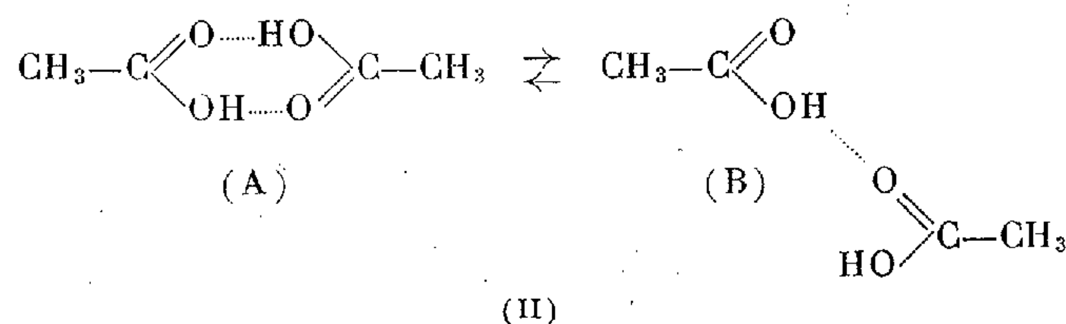
5° En ce qui concerne les raies caractéristiques de la liaison C = O, renforcement de la raie 1715 cm^{-1} et disparition concomitante de la raie 1670 cm^{-1} ainsi que l'avait indiqué Traynard ([1]). La raie 1760 cm^{-1} subsiste très faible sur les spectres des solutions concentrées et disparaît en même temps que 1 670 cm^{-1}.

6° Pour les solutions assez diluées (moins de 25 % en poids d'acide acétique) la raie 1650 cm^{-1} du spectre de l'eau pure apparaît.

7° On n'observe aucune modification des trois raies : 2937, 2986, 3019 cm^{-1}, contrairement à ce qu'indique Batuev ([2]).

8° La bande — OH de l'eau (3430 cm^{-1} sur le spectre de l'eau pure) est déplacée vers les fréquences élevées. Le déplacement est maximum (45 cm^{-1}) pour les solutions à 63 et 78 %.

Dans une Note précédente ([3]), nous avons conclu que dans l'acide acétique pur, les molécules dimères peuvent se présenter, à la température ambiante, sous deux formes en équilibre, la forme (A) étant prédominante [schéma (II)].



(II)

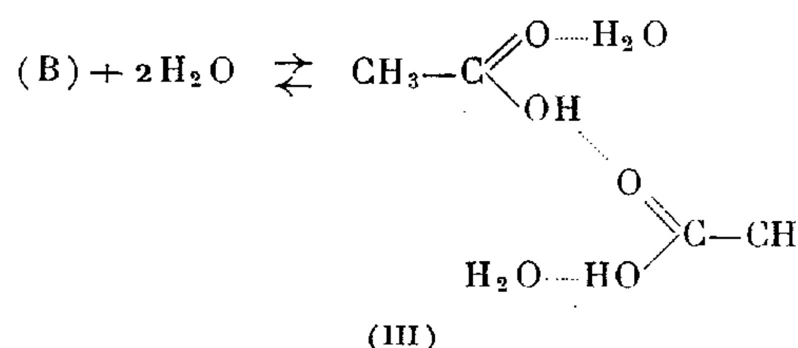
([1]) TRAYNARD, *Bull. Soc. Chim.*, 1947, p. 316.

([2]) *Doklady Akad. Nauk.* (*S. S. S. R.*), **58**, 1948, p. 1117.

([3]) S. FÉNÉANT, *Comptes rendus*, **235**, 1952, p. 240.

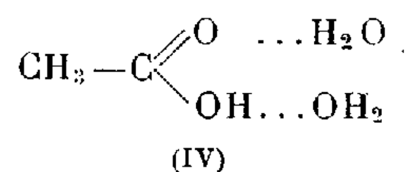
Ces deux formes sont caractérisées entre autres par les raies Raman suivantes : (A) : 617, 900, 1670; (B) : 600, 880, 1715 et 1760 cm^{-1}.

Ceci étant rappelé, nous interprétons les spectres des mélanges aqueux de la façon suivante. La disparition de la raie 1670 cm^{-1} caractéristique de la liaison C=O dans le dimère forme (A) et le renforcement concomitant de la raie 1715 cm^{-1} caractéristique de la liaison C=O... du dimère forme (B) (ainsi que celui des raies 600, 880 cm^{-1} attribuables à ce dernier) sont en liaison avec le déplacement de l'équilibre (II) vers la droite du fait de la fixation d'une molécule d'eau aux deux extrémités du dimère (B). D'ailleurs, l'affaiblissement et la disparition rapide de la raie 1760 cm^{-1} caractéristique d'un groupe C=O libre permettent bien de conclure qu'une molécule d'eau se fixe sur ce groupe, une autre molécule se fixant vraisemblablement sur l'oxhydrile terminal. La forme solvatée (B. $2H_2O$) serait ainsi beaucoup plus stable en solution que (B) [schéma (III)].



(III)

Quand le nombre de molécules d'eau augmente, il y aurait rupture des molécules (B. $2H_2O$), hydratation des groupes —OH et —CO ainsi libérés, par formation de molécules monomères hydratées, comme l'indique l'étude cryoscopique ([4]) de ces solutions [schéma (IV)]



(IV)

La liaison C=O d'un groupe carbonyle associé à une molécule H_2O ayant assurément une fréquence propre très voisine de celle de la liaison —C=O...HO que l'on trouve dans (B), le spectre des solutions assez diluées ne présente plus comme fréquence —CO que la raie 1715 cm^{-1} (sinon une autre très voisine non discernable de celle-ci).

Le déplacement de la bande —OH des molécules d'eau non engagées dans les hydrates, peut être interprété comme étant dû à la désassociation de ces molécules d'eau par les autres molécules ou hydrates présents dans le mélange. Ce déplacement est évidemment maximum (solutions de concentration voisine de 70 %) quand il n'y a que relativement peu d'eau. Pour des solutions de

([4]) Travail non encore publié.

plus en plus diluées, la position de la bande —OH tend vers celle du spectre de l'eau pure.

Les liaisons OH...O qui apparaissent par suite de la formation de l'hydrate ne sont pas mises en évidence sur le spectre. Cela peut tenir à ce que leur fréquence est voisine de celles des fréquences C—H, qui donnent lieu à des raies très intenses capables de masquer toute bande ou raie plus faible susceptible d'apparaître.

CHIMIE PHYSIQUE. — *Étude radiocristallographique de l'hydruration du lanthane.* Note de M. **Bertrand Dreyfus-Alain**, présentée par M. Charles Mauguin.

Il y a lieu dans la Note précédente ([1]) de remplacer les données de la dernière colonne du tableau par les suivantes :

Rayons relatifs des atomes La	1	$0,999_5$	$1,07_2$	$1,10_4$
Volumes relatifs des réseaux métalliques ...	1	$0,997_9$	$1,23_7$	$1,35_3$

D'après les déterminations directes des masses spécifiques effectuées par par A. Sieverts et A. Gotta ([2]), à partir d'un métal de composition suivante :

La.....	84,3 %	(impuretés : Pr, Nd, Yt comprises)	
Ce.....	10,2	»	»
Fe.....	0,9	»	»
Al.....	0,6	»	»
Si.....	0,2	»	»

l'accroissement du volume spécifique dû à l'hydruration du lanthane est de l'ordre de 15 %.

Si cette valeur de l'expansion doit se trouver confirmée par des déterminations effectuées sur du métal de grande pureté et sur son hydrure, il y aura lieu de rechercher quelle est l'origine des écarts constatés entre cette valeur et celles qui correspondent aux expansions précisées par l'étude radiocristallographique.

CHIMIE PHYSIQUE. — *Nouveau procédé de détermination chromatographique sur papier de l'α-tocophérol.* Note de M. **Jean Guerillot**, Mme **Andrée Guerillot-Vinet** et Mlle **Liliane Delmas**, présentée par M. Maurice Javillier.

L'undécylate de fer employé comme phase stationnaire dans la chromatographie de partage sur papier de l'α-tocophérol présente plusieurs avantages : bon développement, séparation nette, réactif de révélation stable, apparition instantanée des taches et fixité des chromatogrammes.

([1]) *Comptes rendus*, 235, 1952, p. 540.

([2]) *Z. anorg. Allg. Chem.*, 172, 1928, p. 17.

Dans le but d'obtenir une méthode sensible et précise de séparation et de dosage de l'α-tocophérol dans les extraits d'origine biologique, nous avons étudié la chromatographie de partage sur papier de ce composé.

Comme il s'agit d'une vitamine liposoluble, nous avons d'abord utilisé le papier imprégné de vaseline préconisé par Winteringham et ses collaborateurs (1) et déjà utilisé par Brown et Blaxter pour l'étude des tocophérols (2), (3), en remplaçant l'α, α'-dipyridyl par une solution mixte de ferricyanure de potassium et de chlorure ferrique (technique de dosage colorimétrique de Mlle A. Vinet et P. Meunier) (4).

Mais, d'une part, la vaseline est un mélange d'hydrocarbures et de quelques impuretés; d'autre part, l'utilisation du réactif ferricyanhydrique, développateur instable, nécessite sa préparation au moment de chaque essai. De plus, il est difficile d'obtenir ainsi des chromatogrammes fixes.

Aussi avons-nous songé à incorporer le fer dans la phase stationnaire sous forme d'un sel ferrique d'un acide gras saturé à poids moléculaire moyen, ce savon ferrique remplaçant la vaseline. Après libération d'ions ferriques par l'acide chlorhydrique, il se forme des ions ferreux aux zones d'accumulation du tocophérol. Celles-ci sont facilement décelables par pulvérisation du ferricyanure de potassium employé seul (formation du bleu de Turnbull).

Après plusieurs essais, nous avons choisi, pour charger le papier (Whatman n° 1) un sel de fer de l'acide undécylique. Ce corps s'obtient à partir de l'acide undécylique et de l'hydroxyde ferrique; il cristallise en rouge brun et est insoluble dans les alcools méthylique ou éthylique et l'acétone, mais soluble dans l'éther et l'éther de pétrole.

Le papier est plongé dans une solution éthéropétrolique de ce sel à 0,6 g/l. Ce taux assez faible permet cependant un coefficient de partage de l'α-tocophérol qui se dépose avec un R_F de 0,6 à 20° C.

Nous procédons par chromatographie ascendante à l'obscurité en utilisant comme phase mobile un mélange de 80 % d'acétone et 20 % d'eau. Ce solvant donne de meilleures séparations dans les extraits biologiques que l'alcool étendu utilisé par Brown. Après développement (16 à 20 h), le papier est séché à l'air et révélé. Pour cela, on commence par pulvériser une solution alcoolique d'acide chlorhydrique à 2 %. Après nouveau séchage du papier, il suffit de vaporiser sur la feuille une solution aqueuse à 0,05 % de ferricyanure de potassium. Seule, l'apparition des taches bleues dues à la présence du tocophérol est instantanée, ce qui, en dehors

(1) F. P. W. Winteringham, A. Harrison et R. G. Bridges, *Nature*, 166, 1950, p. 999.
(2) *Chem. Indust.*, 29, 1951, p. 633.
(3) F. Brown, *Biochem. J.*, 51, 1952, p. 237.
(4) *Bull. Soc. Chim. Biol.*, 23, 1941, p. 217.

du R_F, permet une caractérisation plus certaine de la vitamine. Pour fixer le chromatogramme, il suffit de le laver quelques instants à l'eau distillée qui enlève l'excès de réactif et de faire sécher à l'obscurité.

Cette méthode permet de déceler à la limite 1 γ d'α-tocophérol en solution pure.

Pour les extraits végétaux, il est nécessaire, comme l'indiquent Brown et Blaxter, de réaliser une purification déjà très poussée avant la séparation chromatographique sur papier. On part de l'insaponifiable qui est filtré sur une colonne adsorbante, par exemple de jagolite selon la technique de P. Meunier et Mlle A. Vinet ([5]). La majeure partie des stérols est précipitée à — 20° C dans l'alcool méthylique. L'élimination des stérols n'étant pas toujours complète et ceux-ci donnant la même réaction bleue après révélation, nous pouvons cependant les distinguer facilement du tocophérol : sur le chromatogramme, ils n'apparaissent que 5 mn après le tocophérol et le R_F est beaucoup plus élevé, comme nous l'avons vérifié avec des solutions pures.

Ainsi, par l'incorporation à la charge du papier d'une des parties actives du réactif du tocophérol, le fer ferrique, nous disposons d'un procédé qui nous permet de déceler des traces de cette vitamine, d'éliminer les substances étrangères réductrices, de révéler par un réactif stable et d'obtenir des chromatogrammes fixes.

ÉLECTROCHIMIE. — *Sur l'obtention de charges électriques macroscopiques à l'intérieur des solutions.* Note de M. **José Lima-de-Faria**, présentée par M. Louis de Broglie.

On présente des expériences qui semblent mettre en évidence la formation de charges électriques macroscopiques à l'intérieur des solutions dans des régions de très forte discontinuité du champ électrique. On donne une représentation schématique du mécanisme de l'accélération de réactions chimiques sous l'action d'un champ électrique.

D'après le mécanisme sur l'accélération de réactions chimiques entre ions de signes contraires, que nous avons exposé dans une Note précédente ([1]), la cause fondamentale de ce phénomène serait l'augmentation locale de concentration des ions, due à la formation de charges électriques à l'intérieur de la solution. L'idée de la neutralité électrique du point de vue macroscopique à l'intérieur des solutions étant jusqu'à présent presque généralement admise

([5]) *Bull. Soc. Chim. Biol.*, **24**, 1942, p. 365.

([1]) *Comptes rendus*, **234**, 1952, p. 948.

par les électrochimistes ([2]), il nous paraît important d'insister sur ce point et d'y ajouter quelques résultats expérimentaux.

D'une façon très schématique, on peut représenter par la figure ci-dessous ce qui doit se passer lorsqu'on fait diffuser une goutte d'une solution concentrée de $Pb(NO_3)_2$ dans une solution diluée de NaI, en utilisant un tube de verre en T, placé horizontalement et appliquant un champ électrique de 280 V par 15 cm.

La figure correspond à une coupure du tube par un plan horizontal dont seulement la partie centrale est représentée. Les flèches représentent le sens de la diffusion du $Pb(NO_3)_2$ dans le tube, A et A′ les fronts de diffusion, seuls les ions qui doivent former les charges (Pb^{++} et NO_3^-) et ceux qui s'accumulent autour d'elles (Na^+ et I^-) sont représentés.

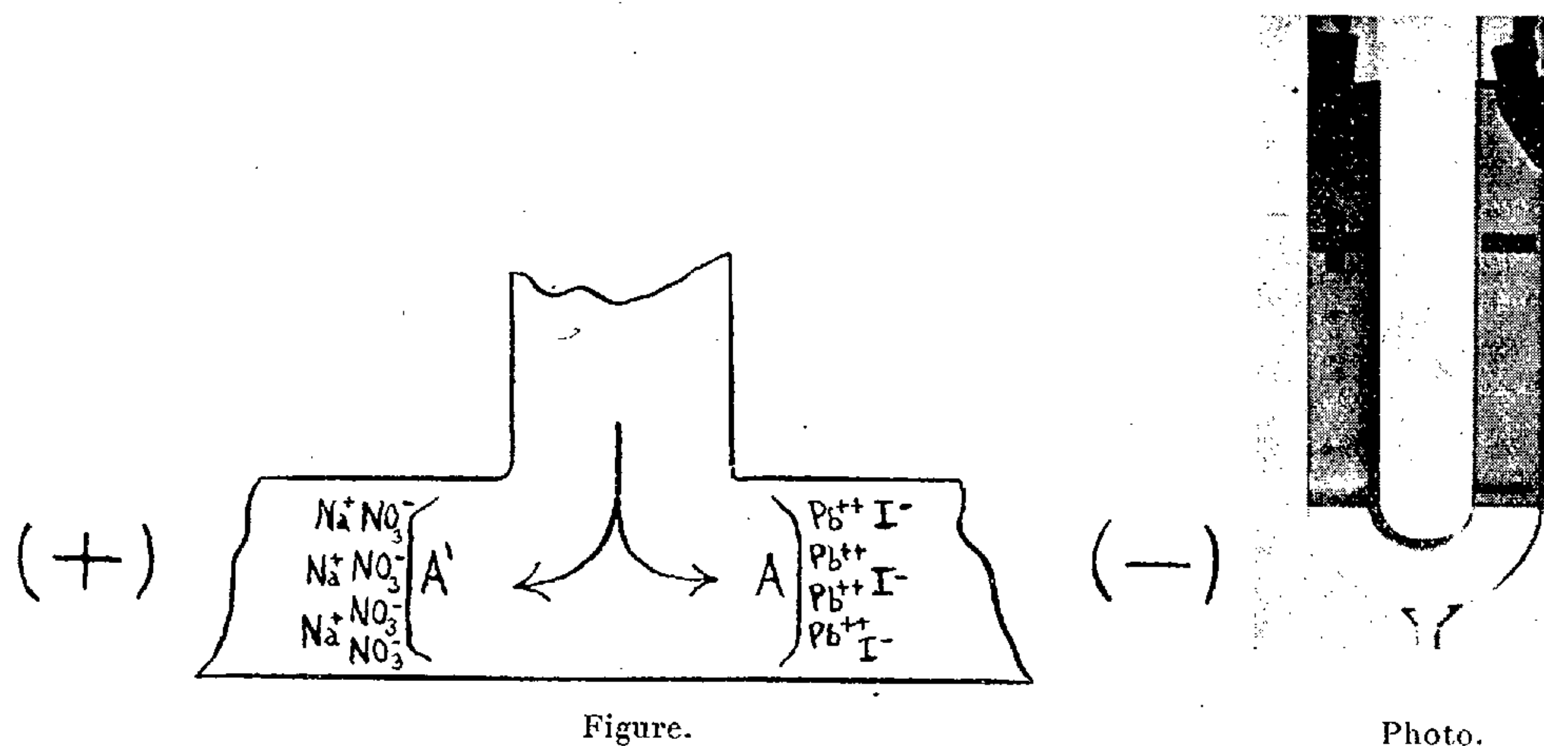


Figure. Photo.

Le mécanisme que nous venons de décrire est bien en accord avec l'équation de Poisson, qui prévoit la formation d'une charge électrique dans la région de discontinuité de deux conducteurs traversés par un courant. Nous verrons en détail dans une autre publication le calcul des charges d'après cette équation.

Pour mieux faire l'étude expérimentale de la formation de ces charges nous avons travaillé avec des tubes placés verticalement, parce que dans ces conditions l'influence de la diffusion devient négligeable. Nous avons rempli partiellement un tube en U placé verticalement, avec une solution diluée de $KMnO_4$ ($1,5.10^{-3}$ M/l), nous avons laissé entrer lentement par le fond une solution concentrée de $Pb(NO_3)_2$ ($0,2$ M/l) et ensuite appliqué un champ de 280 V par 15 cm. Nous avons observé la formation d'un disque violet foncé

([2]) *Voir* le Mémoire de Reed et Schriever où ils affirment avoir obtenu des charges électriques macroscopiques pendant l'électrolyse, avec des champs très forts, d'une solution diluée et homogène (*J. Chem. Phys.*, 17, 1949, p. 935).

dans la région de transition du côté cathodique, et d'un disque incolore dans la région de transition du côté anodique (*voir* photo). Il nous semble que l'augmentation de coloration d'un côté et la décoloration de l'autre ne pourront s'expliquer que par une accumulation de ions MnO_4, autour d'une charge positive (ions Pb^{++}) du côté cathodique, et une accumulation de ions K^+ autour d'une charge négative (ions NO_3^-) du côté anodique. Le $KMnO_4$, étant très dilué, ne paraît pas jouer ici d'autre rôle que la mise en évidence des charges électriques.

Lorsque dans cette expérience on remplace le $KMnO_4$ par de l'eau distillée les courbes qui donnent la variation de l'intensité du courant avec le temps (en appliquant au lieu de 280 V, 1500 V) suggèrent une classification des électrolytes en deux groupes. Pour les électrolytes tels que HCl, H_2CrO_4, KOH, $Pb(NO_3)_2$, $CuSO_4$, l'intensité du courant croît rapidement au commencement, puis décroît rapidement, et après commence de nouveau et lentement à croître. Pour les sels tels que le NaCl, $NaNO_3$, KCl, KNO_3, l'intensité du courant croît très rapidement et l'on n'observe pas de décroissance. Cette différence de comportement semble être liée au processus de formation de la charge et à la formation d'ions secondaires aux électrodes, dans le premier cas la formation des ions secondaires s'effectuant seulement à un des électrodes, et dans le second cas aux deux électrodes.

CHIMIE THÉORIQUE. — *Sur la définition des atomes dans la molécule et la systématisation des diagrammes.* Note (*) de M. **Alexandre Laforgue**, présentée par M. Louis de Broglie

Les notions introduites ([1]) pour les fonctions moléculaires construites à partir d'orbitales atomiques sont généralisées, ce qui exige la définition préalable de ce qu'on doit entendre par atome dans une molécule. Dès que ce découpage est effectué les systèmes d'indices caractérisent liaisons et atomes se ramènent les uns aux autres par des opérations algébriques simples et l'on peut en proposer de nouveaux.

Soit une molécule dans un état stationnaire représenté par une fonction d'onde Γ_q ou dans une transition $\Gamma_p \rightarrow \Gamma_q$, nous dirons qu'elle peut être analysée en atomes relativement à un ensemble de grandeurs Z exprimées par

$$Z_q = \int \Gamma_q z \Gamma_q \, d\tau,$$

$$Z_{pq} = \int \Gamma_p z \Gamma_q \, d\tau,$$

lorsqu'on peut construire des fonctions Γ_a, Γ_c, Γ_b, ... décrivant un noyau et

(*) Séance du 10 novembre 1952.

([1]) R. Daudel, A. Laforgue et Cl. Vroelant, *J. Chim. Phys.*, 49, 1952, p. 546.

le nombre d'électrons égal à sa charge, fonctions auxquelles correspondent les grandeurs

$$Z_{ab} = \int \Gamma_a z \Gamma_b \, d\tau,$$

telles que

$$(\mathcal{R}) \qquad Z = \sum_{ab} \mathbf{h}_{ab} Z_{ab}$$

les coefficients $\mathbf{h}_{ab}$ étant indépendants de la nature de la grandeur Z prise dans l'ensemble (mais dépendant ainsi que Γ_a, Γ_b de l'état ou de la transition envisagée).

Il faut ajouter, moins précisément, qu'une fonction $\Gamma_a \Gamma_b$ ne doit pas trop différer de celle (bien définie) de l'atome libre.

Cette analyse est loin d'être univoque : elle possède d'autant plus d'intérêt que la fonction moléculaire est plus approchée, que l'ensemble des grandeurs choisies est plus étendu et plus significatif du point de vue chimique.

On définirait de même l'analyse en atomes ionisés, ou bien en radicaux ou ions à plusieurs noyaux, ou encore l'analyse d'une partie de la fonction moléculaire : partie électronique, partie antisymétrique par rapport à un plan, etc.

La forme de $(\mathcal{R})$ est celle des systématiques construites empiriquement en même temps que celle introduite par les méthodes usuelles de chimie quantique.

La notion d'orbitale moléculaire est fournie par la description des états stationnaires gf des édifices (rarement connus) à plusieurs noyaux et un seul électron. Si l'on écrit ces orbitales moléculaires (orthonormées) sous forme de combinaisons linéaires d'orbitales atomiques (normées)

$$\psi_g = \sum_a x_g^a \varphi_a,$$

les orbitales φ_a satisfont la définition relativement à l'ensemble de toutes les grandeurs physiques et

$$\mathbf{h}_{ab}^{g \leftrightarrow f} = \frac{1}{2}(x_g^a x_b^f + x_g^b x_f^a).$$

Le résultat se conserve quand on perturbe arbitrairement l'orbitale de l'atome libre.

Un produit de telles orbitales étant pris comme fonction ou partie de fonction moléculaire, et chaque noyau n'introduisant qu'une orbitale, les orbitales atomiques (ou le produit des deux spinorbitales) satisfont à la définition dans une analyse en ions monoélectroniques (ou biélectroniques)

$\mathbf{h}^q = \Sigma \mathbf{h}^g$ la somme portant sur les diverses spinorbitales g figurant dans le produit q;

$\mathbf{h}^{p \leftrightarrow q} \begin{cases} = \mathbf{h}^{g \leftrightarrow f} & \text{si } pq \text{ ne diffère que par le changement de } g \text{ en } f; \\ = 0 & \text{si } pq \text{ diffèrent par plus d'un changement.} \end{cases}$

Si l'on antisymétrise le produit, la propriété se conserve mais seulement relativement aux grandeurs monoélectroniques. Si l'on prend une source pondérée de déterminants il faut pondérer les coefficients **h** [1].

Hors de ces fonctions introduisant des éléments atomiques par construction, il est possible de convenir d'un découpage standard. S'il y a n atomes, il y a $(1/2)n(n-1)$ coefficients **h**, on peut en général après un choix arbitraire des fonctions atomiques, se fixer encore $(1/2)n(n-1)$ grandeurs. Pour avoir une définition des coefficients de $(\mathcal{R})$ univoque pour toute molécule il suffit de choisir une suite de grandeurs et un type de fonction atomique.

Quelle que soit l'origine de $(\mathcal{R})$ nous appelons l'ensemble des **h** « diagramme zéro ». Ce sont en particulier les charges et les ordres de liaison classiques.

On a discuté d'autres définitions adéquates à un calcul plus élaboré [1]. On montre qu'elles s'écrivent sous forme matricielle

$$2\,\|\mathbf{l}\| = \|\mathbf{h}\|.\|\mathrm{T}\| + \|\mathrm{T}\|.\|\mathbf{h}\|,$$

l désigne les nouveaux coefficients; T désigne les recouvrements (ou leur produit par les coordonnées barycentriques du centre de chevauchement correspondant); $\|\,\|$ les matrices carrées obtenues en donnent un rang aux atomes.

Nous proposons d'appeler l'ensemble des **l** « diagramme premier » et « diagramme second » le résultat d'une substitution répétée

$$2\,\|\mathbf{y}\| = \|\mathbf{l}\|.\|\mathrm{T}\| + \|\mathrm{T}\|.\|\mathbf{l}\|.$$

Classiquement

$$\mathbf{y}_a^p = \text{charge} + \mathrm{S}_{\text{moyen}} \times \text{valence-liée } (^2).$$

$\mathbf{y}_a^p$ est une généralisation de cette quantité dans les calculs plus complexes. Il serait intéressant d'étudier la signification des autres indices de ce système.

Une autre voie ouverte par la définition est l'étude de la perturbation apportée à la fonction d'onde de l'atome libre; elle recouvre les concepts chimiques d'affinité actuelle, de saturation. On prévoit que. lorsque l'analyse s'améliore, elle n'est pas indépendante des éléments du diagramme comme en méthode usuelle et que l'on retrouvera des relations du type de l'effet de charge.

CHIMIE MINÉRALE. — *Recherches sur la structure et la stabilité des oxydes mixtes de cobalt-nickel, cobalt-magnésium et cobalt-zinc.* Note de M. **Jacques Robin**, présentée par M. Paul Pascal.

Nous avons décrit précédemment [1] les structures et les domaines de stabilité de différents oxydes mixtes de cobalt et de fer. Nous avons pu étendre

---

(2) Total bond number.

(1) J. Robin et J. Bénard, *Comptes rendus*, 234, 1952, p. 734 et 956.

cette étude aux oxydes mixtes de cobalt-nickel, cobalt-magnésium et cobalt-zinc et nous nous proposons d'indiquer ci-dessous les résultats obtenus dans ces nouveaux systèmes.

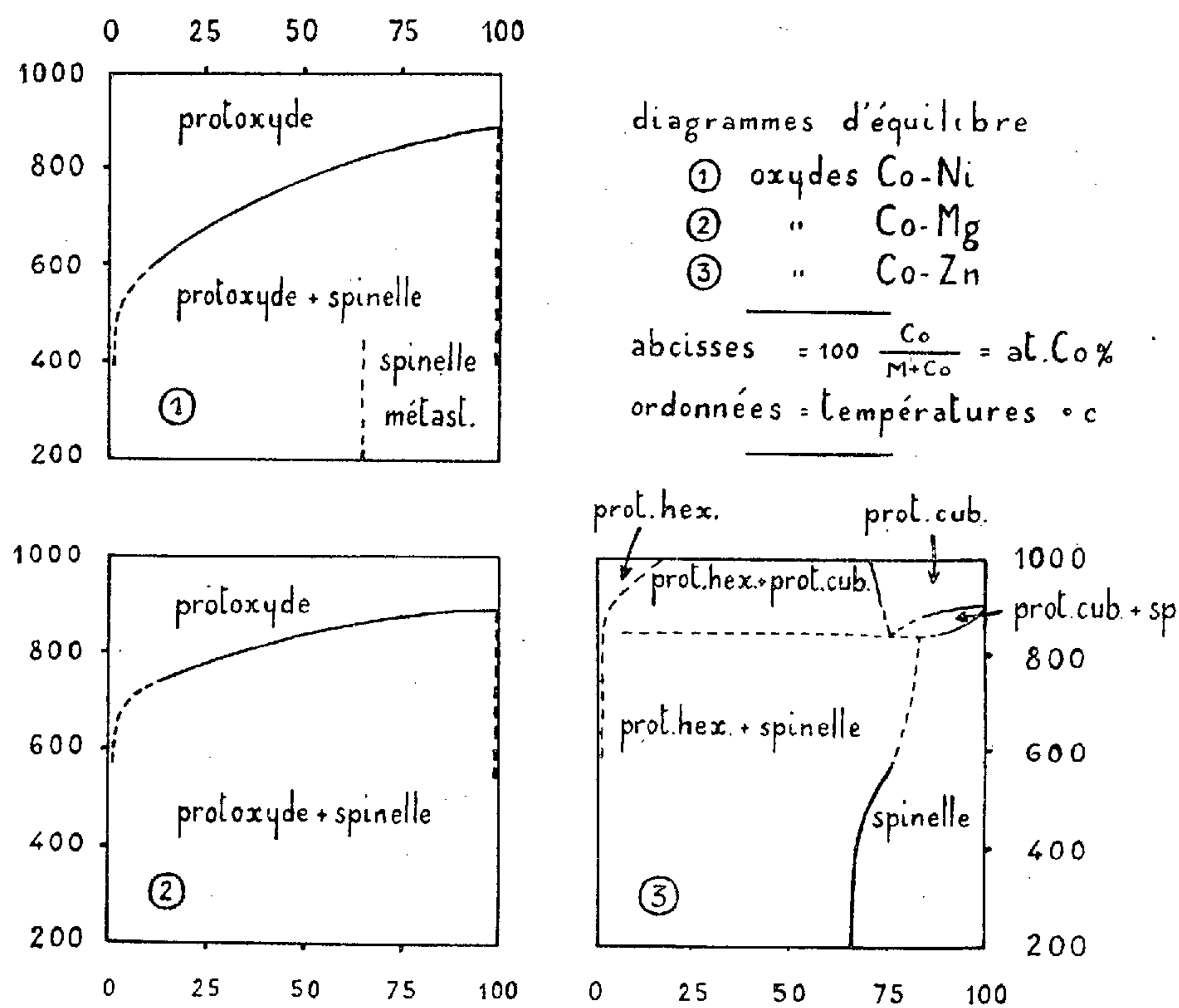
Les oxydes mixtes ont été préparés par décomposition à l'air de mélanges en proportions variables des nitrates correspondants, à des températures échelonnées jusqu'à 1 000°. Les produits obtenus ont été soumis à l'analyse au moyen des rayons X, soit par la méthode du monochromateur à lame courbe pour l'identification des phases, soit par la méthode en retour pour la détermination très précise des paramètres cristallins. Les résultats sont présentés sous forme de diagrammes température-composition, cette dernière variable étant exprimée en Co % par rapport à la totalité des atomes métalliques présents dans le système.

Le protoxyde de cobalt, de structure cubique à faces centrées, peut former vers 950° avec les oxydes de même structure NiO ou MgO des solutions solides sans lacune de miscibilité. Le paramètre cristallin mesuré à $\pm 0,002$ Å varie linéairement en fonction de la composition cationique depuis $a_{CoO} = 4,252$ Å jusqu'à $a_{NiO} = 4,168$ Å et $a_{MgO} = 4,204$ Å respectivement. Avec ZnO dont la maille est hexagonale, l'oxyde CoO forme vers 950° deux solutions solides possédant chacune la structure d'un des constituants extrêmes et d'étendue limitée (75 % Co pour la phase cubique et un peu moins de 10 % Co pour la phase hexagonale). Dans la limite de précision des mesures il est impossible de déceler une variation des paramètres cristallins de ces deux phases.

Aux températures moins élevées, les solutions solides homogènes des protoxydes s'oxydent réversiblement en donnant naissance à des mélanges biphasés constitués par un oxyde MO dont la composition cationique est différente de celles du protoxyde mixte initial et une phase de type spinelle répondant à la formule M_3O_4. Dans les systèmes Co-Ni et Co-Mg ce spinelle est constitué par de l'oxyde Co_3O_4 sensiblement pur (courbes 1 et 2). Par contre dans le système Co-Zn, la phase spinelle mixte peut être considérée selon la température, soit comme du cobaltite de zinc Co_2ZnO_4, soit comme une solution solide de substitution Co_2 (Zn, Co) O_4 (courbe 3). De plus, lorsque la démixtion des protoxydes mixtes Co-Zn riches en Co s'opère entre 800° et 900°, on observe dans le cas des produits contenant moins de 80 % Co la coexistence des trois phases en équilibre : protoxyde cubique + protoxyde hexagonal + spinelle mixte, ce qui laisse présumer l'existence d'une transformation du type eutectoïde au voisinage de la composition 70 % Co et de la température 850° C.

Cet ensemble de résultats montre que la substitution des ions Ni^{2+}, Mg^{2+} et Zn^{2+} aux ions Co^{2+} dans le réseau de l'oxyde CoO abaisse la température de la transformation $3\,MO + 1/2\,O_2 \rightarrow M_3O_4$ située à 900° dans le cas de l'oxyde pur. Ceci est à rapprocher de l'influence inverse exercée dans le cas de la substitution des ions Fe^{2+} que nous avions observée antérieurement ([1]).

Au cours des essais précédents nous avons noté d'autre part l'existence d'un spinelle mixte Co-Zn dont le domaine de stabilité s'étend au maximum de Co_3O_4 (100 % Co) au cobaltite de zinc Co_2ZnO_4 (66 % Co). Le spinelle mixte Co-Ni qui n'avait pu être observé ni aux températures élevées ni par réoxydation de phases préparées à haute température, peut s'obtenir au-



dessous de 450° sous une forme métastable dans le domaine de composition 100 — 66,6 % Co avec un paramètre variant de 8,070 à 8,098 ± 0,007 Å en fonction de la composition. La phase limite à 66 % Co qui correspond au cobaltite de nickel Co_2NiO_4 est ferrimagnétique. Enfin, il ne nous a pas été possible de mettre en évidence même sous une forme métastable un spinelle mixte Co-Mg.

Le fait ainsi établi que la substitution de Ni^{2+} et de Zn^{2+} dans l'oxyde Co_3O_4 ne peut s'observer au delà de 66 % Co est en faveur de l'hypothèse selon laquelle la constitution ionique de cet oxyde serait $Co_2^{3+}Co^{2+}O_4$ et non pas $Co^{4+}Co_2^{2+}O_4$.

MÉTALLOGRAPHIE. — *Sur l'emploi du bisulfite de sodium comme réactif micrographique des aciers ferritiques.* Note (*) de M. **Louis Beaujard** et Mlle **Jacqueline Tordeux**, présentée par M. Albert Portevin.

Un réactif micrographique composé de 60 cm³ de solution de bisulfite de sodium ($d = 1{,}32$-$1{,}33$; 35-36° Bé; 35 % de SO_3HNa) et 40 cm³ d'eau, révèle à froid la structure des aciers par une attaque sélective des grains de ferrite colorés différemment.

Les réactifs micrographiques agissant sur les métaux par formation d'une pellicule douée des propriétés des lames minces sont parmi les meilleurs pour en révéler les hétérogénéités physiques et chimiques. L'un de nous a déjà décrit un tel réactif pour les aciers (1). Il doit s'employer à chaud; aussi avons-nous cherché à mettre au point un réactif, aussi sensible, mais pouvant être utilisé à la température ambiante pour les examens courants des aciers peu alliés.

Habituellement, des solutions d'acide nitrique dans différents milieux organiques sont utilisées, par exemple : une solution de 4 cm³ d'acide nitrique et de 96 cm³ d'alcool isoamylique (2). Les grains de ferrites sont mis en évidence par l'action corrosive du réactif sur les joints de grains. L'aspect micrographique obtenu est donc celui d'un réseau de joints de grains entourant les grains de ferrite inattaqués (*fig.* 1). Il nous a semblé que la micrographie serait plus lisible si chaque grain de ferrite était révélé par une corrosion plus ou moins importante, suivant l'orientation cristallographique de la face polie, comme l'a montré Portevin (3).

Quelques essais préliminaires nous ayant laissé supposer une action favorable en ce sens des solutions de bisulfite de sodium, nous avons exploré systématiquement leur mode d'attaque en fonction de la concentration, du temps et de la température, sur des échantillons d'acier doux recuits. Les éprouvettes avaient été polies chimiquement (4), pour obtenir une structure nette qu'un polissage mécanique aurait déformée, comme l'ont montré Bénard et Lacombe (5).

Le réactif au bisulfite de sodium ne donnant de bonnes attaques qu'à une température inférieure à 30°, nous avons opéré à la température ambiante. Le diagramme de la figure 2 résume nos observations. Les liqueurs à faible concentration en bisulfite ne donnent des images contras-

---

(*) Séance du 17 novembre 1952.

(1) Beaujard, *Comptes rendus*, 233, 1951, p. 653.

(2) Kourbatoff, *Revue de Métallurgie*, 2, 1905, p. 169.

(3) *Revue de Métallurgie*, 20, 1923, p. 381.

(4) Beaujard, *Comptes rendus*, 234, 1952, p. 440.

(5) Bénard et Lacombe, *Comptes rendus*, 222, 1946, p. 182.

tées que pour une durée d'attaque très précise, décroissant avec la concentration. Si cette durée est dépassée, la ferrite se colore en marron uniforme. Par contre, des solutions plus concentrées (30 et 40 %) provoquent la formation de figures de corrosion par attaque prolongée. La concentration

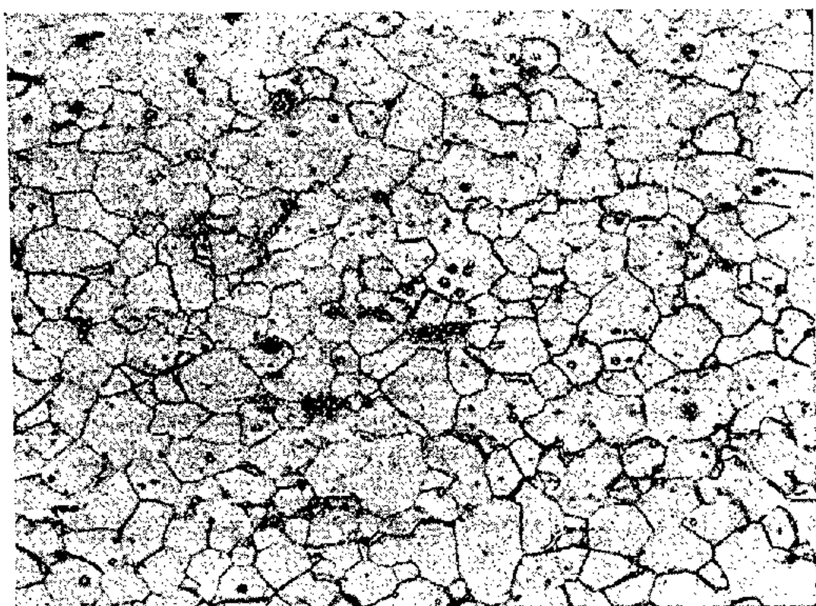


Fig. 1.

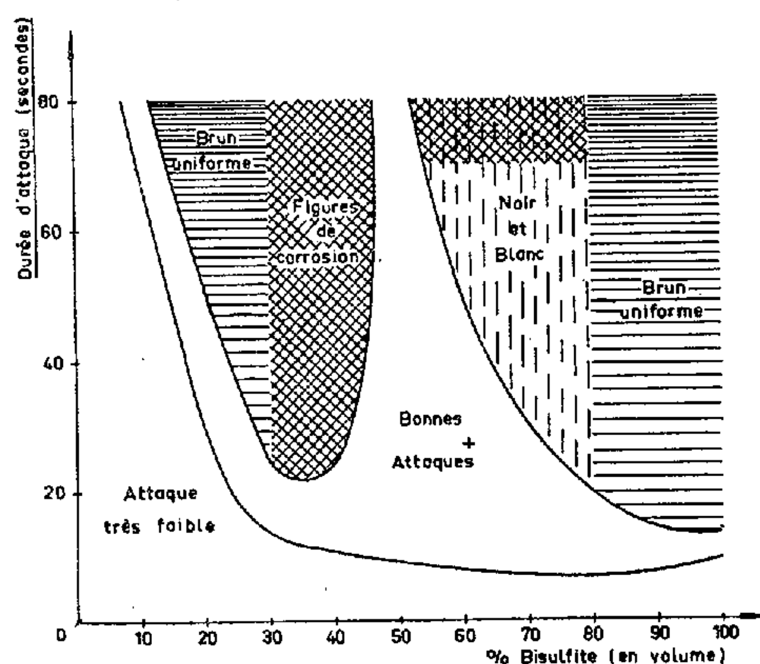


Fig. 2.

Fig. 1. — Ferrite attaquée à l'acide nitrique à 4 % dans l'alcool isoamylique (× 200).

Fig. 2. — Aspect des attaques à la température ambiante en fonction du temps d'attaque et de la concentration en bisulfite.

retenue (60 %) permet une latitude plus grande dans l'appréciation des durées d'attaque (*fig.* 3). Si l'on dépasse une concentration de 60 %, le contraste devient trop grand entre les différents grains attaqués : on ne

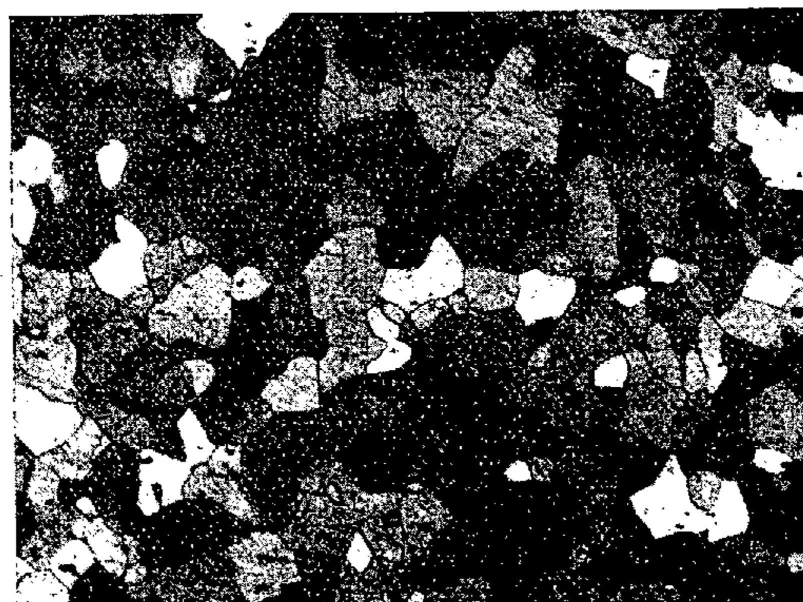


Fig. 3. — Ferrite attaquée par une solution aqueuse, à 60 % de bisulfite de sodium (× 200).

distingue plus que des grains blancs et des grains noirs, sans demi-teintes. Il est intéressant de noter que les grains non attaqués possèdent une face (100) dans le plan de polissage, comme le montre une observation à très fort grossissement, où l'on distingue quelques figures de corrosion

carrées à leur surface. Cette observation est à rapprocher de celle que l'un de nous avait faite avec Lacombe ([6]) sur la vitesse d'attaque, par l'eau régale fluorée, des grains d'aluminium raffiné.

L'emploi de ce réactif peut être utile toutes les fois que l'on veut compter des grains de ferrite (acier doux, tôles à 4 % de silicium pour transformateurs), que l'on veut mettre en évidence de faibles hétérogénéités de composition dans les solutions solides ferritiques (aciers doux, aciers rapides 18-4-1) et que l'on veut préciser la nature des structures obtenues par trempe isotherme.

MÉTALLOGRAPHIE. — *Étude par diffraction électronique des alliages aluminium-cuivre, obtenus par évaporation thermique dans le vide.* Note (*) de MM. **Jean-Jacques Trillat** et **Noboru Takahashi**, présentée par M. Pierre Chevenard.

En évaporant dans le vide deux métaux et en condensant leurs vapeurs sur des supports de sel gemme portés à des températures différentes, il est possible, grâce à la diffraction électronique, de contrôler la structure des films métalliques ainsi formés et de suivre l'apparition de solutions solides et d'alliages de compositions définies. Un premier exemple en est donné dans le cas de l'aluminium et du cuivre.

L'étude par diffraction électronique de la structure d'alliages obtenus par évaporation thermique sous vide de deux métaux a fait l'objet de quelques travaux récents [L. H. Germer ([1]), H. Raether ([2]), Boetcher, S. Ogawa ([3]), S. Goldsztaub et P. Michel ([4])]. Il ne semble pas cependant qu'il ait été fait jusqu'ici une étude systématique des diverses parties d'un diagramme d'équilibre comportant des composés intermétalliques de structure complexe; c'est dans ce but que nous avons cherché à examiner d'une façon complète la structure des divers alliages Al-Cu, en faisant varier les conditions de préparation.

Nous avons utilisé plusieurs techniques différentes, qui seront décrites dans un autre Mémoire; elles consistent essentiellement à évaporer dans le vide les deux métaux en proportion connue, soit à partir de deux sources distinctes, soit à partir d'une seule source; les vapeurs sont condensées sur des supports de sel gemme préalablement clivé, portés à des tempé-

([6]) Lacombe et Beaujard, *J. Inst. Metals*, 74, 1947, p. 1 (*fig.* 7).

(*) Séance du 17 novembre 1952.

([1]) L. H. Germer, F. G. Haworth et J. J. Lander, *Phys. Rev.*, 61, 1942, p. 614.

([2]) *Comptes rendus*, 231, 1950, p. 653.

([3]) S. Ogawa, *J. Phys. Soc. Japon*, 7, 1952, p. 37.

([4]) *Comptes rendus*, 232, 1951, p. 1843; P. Michel, *Comptes rendus*, 235, 1952, p. 377.

ratures variables. Le film métallique est ensuite étudié par diffraction électronique après dissolution du support dans l'eau distillée.

On ne peut donner ici qu'un bref résumé des très nombreux résultats obtenus lorsqu'on applique ces méthodes au cas de Al + Cu.

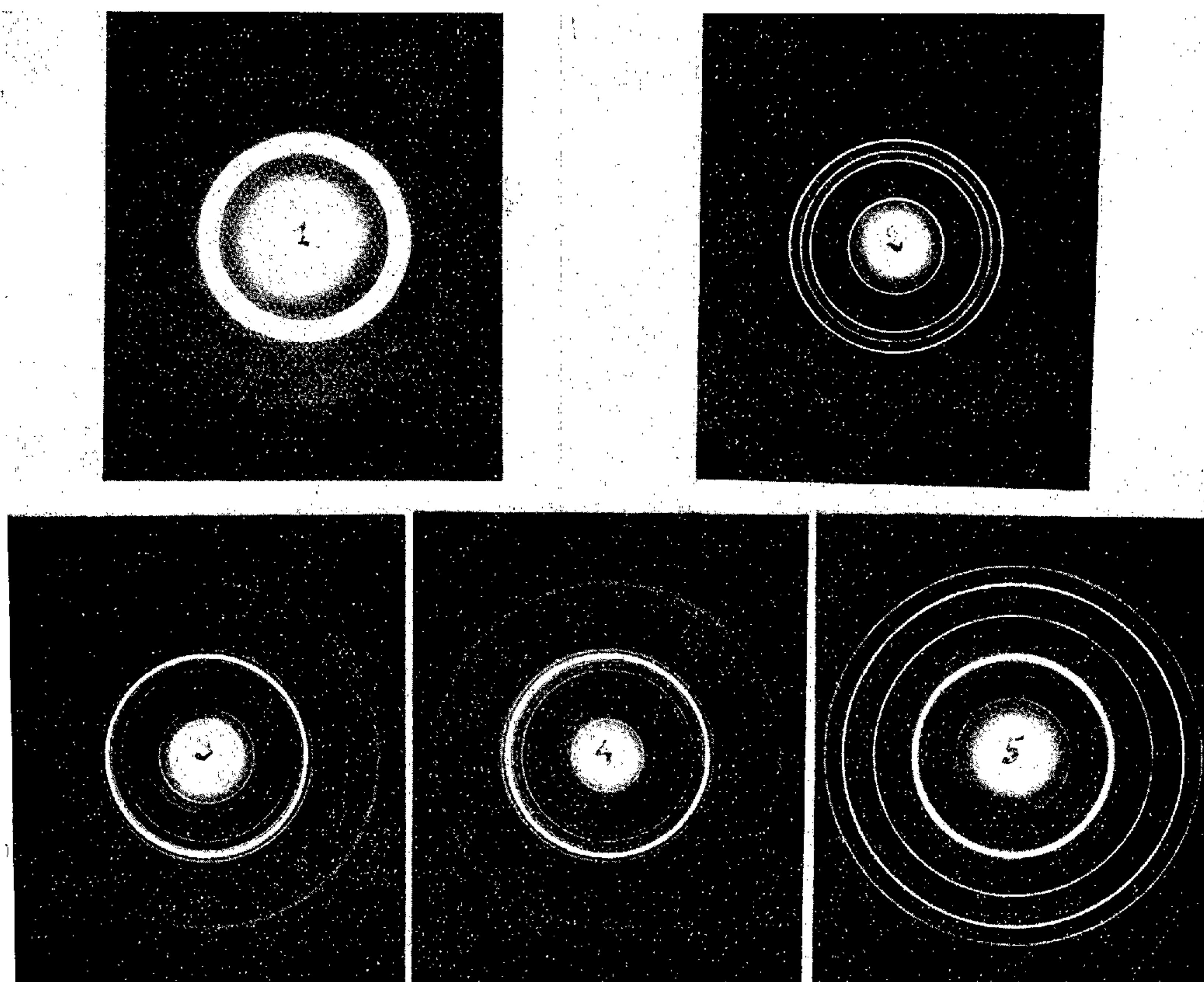


Fig. 1 : Al 50 + Cu 50, support 20° C. — Fig. 2 : Al 50 + Cu 50, support 300° C. — Fig. 3 : Al 40 + Cu 60, support 300° C. — Fig. 4 : Al 38 + Cu 62, support 300° C. — Fig. 5 : Al 20 + Cu 80, support 300° C.

1. En évaporant simultanément l'aluminium et le cuivre à partir de deux sources, et si la condensation s'effectue sur un support froid (20° C), on n'obtient jamais qu'un mélange des deux métaux en proportion variable suivant la position du récepteur par rapport aux deux sources. La mobilité des atomes Al et Cu est donc trop faible à cette température pour permettre la formation d'une combinaison ou d'une solution solide. Si, au contraire, la condensation s'effectue sur un support porté à 300°C, on obtient, suivant la position du récepteur, des diagrammes d'une grande richesse en raies et différant les uns des autres. Il a été possible ainsi d'identifier avec précision de nombreux composés, et notamment le $CuAl_2$, qui se forme donc directement dans ces conditions.

2. En utilisant une seule source et en évaporant sur support froid (20°C) des mélanges connus des deux métaux purs, on n'obtient que des diagrammes diffus (*fig.* 1) indiquant la formation de solutions solides à réseaux fortement déformés et hors d'équilibre, rappelant le « trouble d'homogénéité » signalé autrefois par P. Chevenard et A. Portevin ([5]). Par vieillissement, ces structures s'affinent et donnent naissance à des phases définies, parmi lesquelles on a pu observer la phase θ orientée. Sur support chaud (300° C), on obtient suivant la composition du mélange, des diagrammes extrêmement nets (*fig.* 2, 3, 4) où l'on retrouve les principales phases du diagramme d'équilibre ($CuAl_2$, Cu_9Al_4, etc.) avec indication de surstructures.

3. En vaporisant l'alliage lui-même, par exemple $CuAl_2$, on obtient sur support froid les mêmes résultats qu'avec le mélange correspondant à cette composition (*fig.* 1); le réseau initial $CuAl_2$ (θ) est ainsi complètement dissocié au cours de la vaporisation, les atomes Al et Cu se disposant au contact du support froid sous forme de solution solide de Cu dans le réseau Al. Par vieillissement (1 mois à 18° C ou 30 mn à 300° C), le composé $CuAl_2$ apparaît avec indication de la phase θ'. Sur support chaud, à partir de 200° C, la structure tétragonale de $CuAl_2$ se reforme immédiatement (*fig.* 2).

Des indications plus détaillées seront données dans d'autres Mémoires. Il apparaît toutefois dès maintenant que ces méthodes paraissent riches de possibilités pour l'étude des diverses phases des alliages et de la cinétique de leur formation et de leurs transformations, que nous nous proposons d'enregistrer d'une façon continue.

CHIMIE ORGANIQUE. — *Spectres d'absorption de quelques corps insaturés appartenant à la série du bis (phényléthyl)-9.10 anthracène.* Note (*) de M. **Guy Rio**, présentée par M. Charles Dufraisse.

Spectres d'hydrocarbures éthyléniques et acétyléniques possédant le squelette du bis (phényléthyl)-9.10 anthracène; structures stéréochimiques d'isomères éthyléniques. On a constaté que l'effet bathochrome de la triple liaison est supérieur à celui de la double liaison.

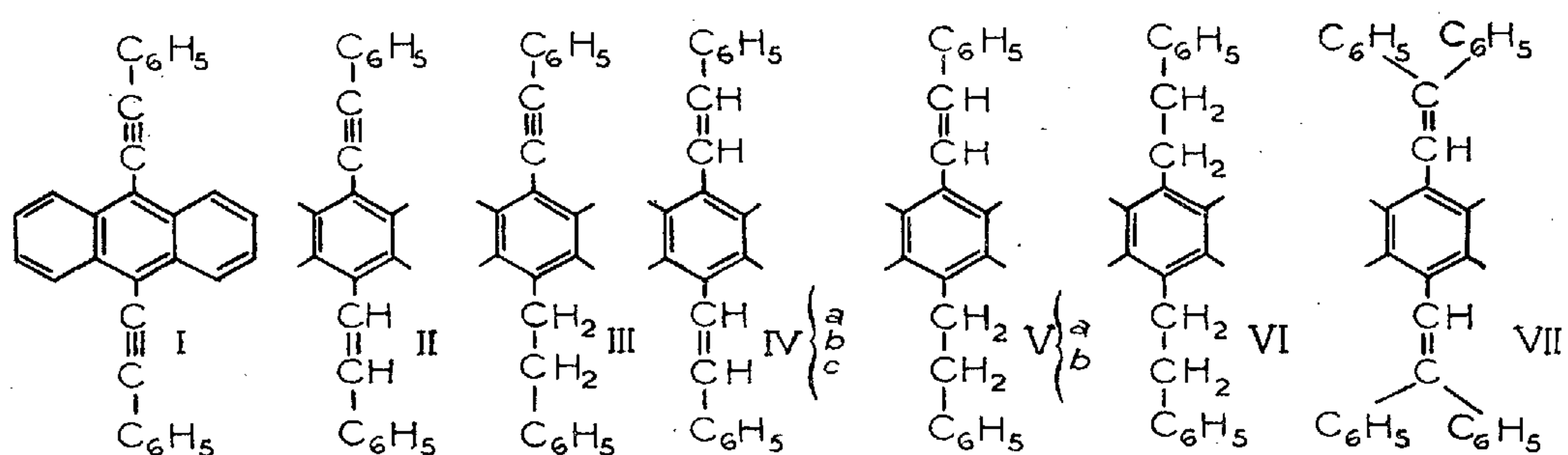
La substitution des deux atomes d'hydrogène en méso du noyau anthracénique (A) par des radicaux phényléthyle (VI) ([1]) produit un simple effet

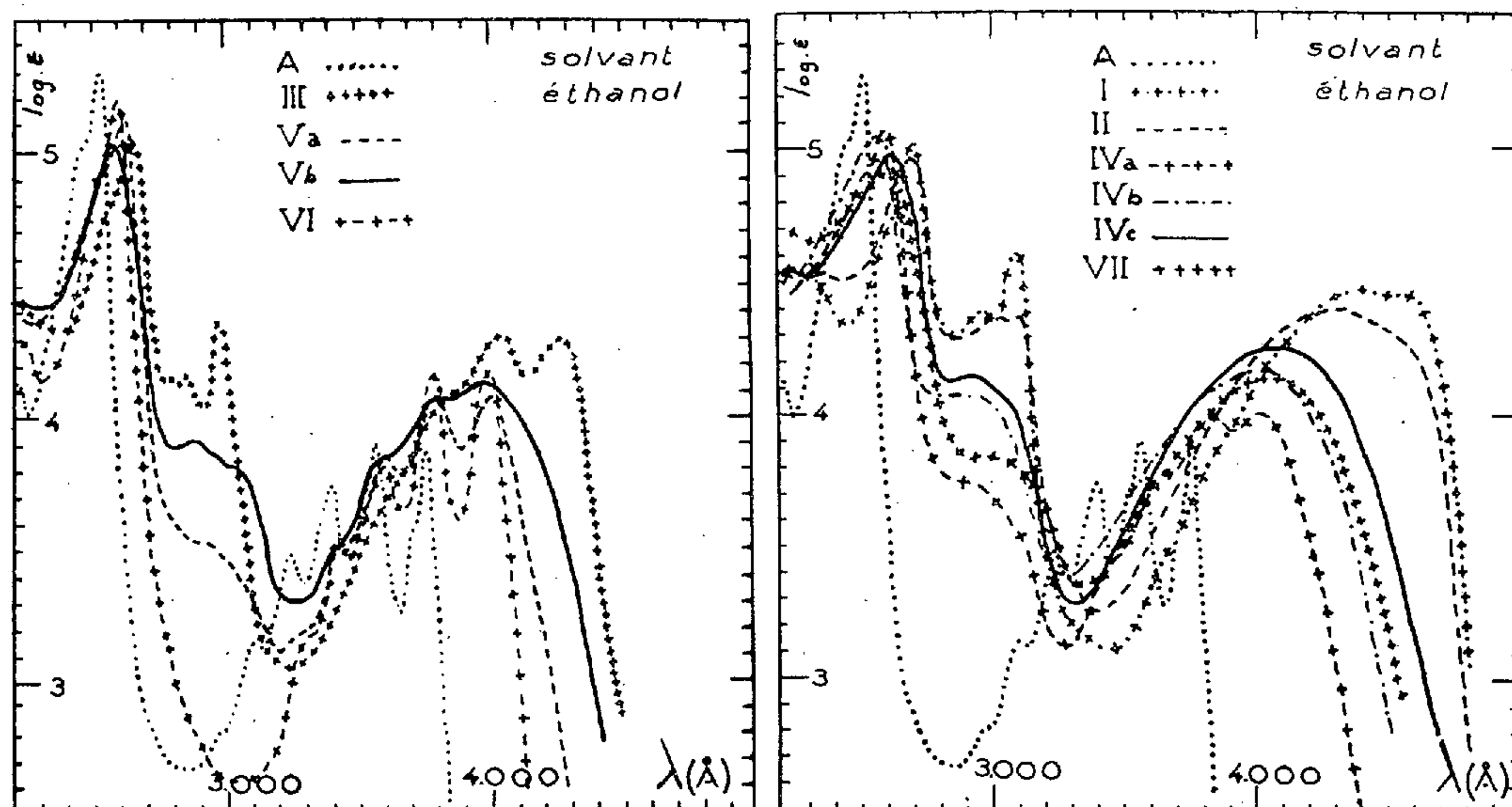
([5]) P. Chevenard, *Comptes rendus*, **199**, 1934, p. 861; A. Portevin et P. Chevenard, *Rev. Métall.*, **23**, 1936, p. 96.

(*) Séance du 17 novembre 1952.

([1]) G. Rio, *Comptes rendus*, **232**, 1951, p. 1492.

bathochrome de 250 Å. L'introduction d'une double liaison dans une seule chaîne latérale (V) ([1]) modifie le spectre de manière beaucoup plus importante pour l'isomère V*b* (F_{inst} 195-196°) que pour V*a* (F_{inst} 154-155°); la structure fine, dans la partie la plus proche du visible, est moins nette chez V*b*. La présence de deux doubles liaisons (IV) ([2]) amène des modifications encore plus sensibles, notamment pour deux des trois isomères, IV*b* (F_{inst} 201-202°) et IV*c* (F_{inst} 280-281°); il n'y a alors qu'une bande unique, large et régulière.





Tout ce que l'on connaît des spectres des composés aromatiques fait supposer que les liaisons éthyléniques des hydrocarbures IV et V entrent en résonance avec le noyau anthracénique, surtout chez les isomères de température de fusion élevée. La construction des molécules, avec les modèles de Stuart, indique de plus que la coplanéité des chaînes latérales avec le noyau central (qui est, en principe, une condition de la résonance) est plus empêchée stériquement chez les composés *cis* que chez les *trans*.

([2]) G. Rio, *Comptes rendus*, **235**, 1952, p. 964.

La comparaison de ces spectres permet ainsi de déduire, avec toutes les réserves qui s'imposent ([3]), les configurations stéréochimiques de ces hydrocarbures. V*a* serait *cis* et V*b* *trans*; IV*a* (F_{inst} 194-195° et 201-202°) serait *cis-cis*, IV*b* *cis-trans* et IV*c* *trans-trans*. La différence entre les spectres de IV*b* et IV*c* est peut-être faible pour trancher entre les structures *cis-trans* et *trans-trans*, mais les méthodes de préparation et les propriétés respectives s'accordent avec toutes ces constitutions : notamment *cis*-addition de l'hydrogène aux acétyléniques par le couple zinc-cuivre ([4]), ([5]) [III → V*a*; I → IV*a*; II → IV*b*] et photoisomérisation *cis-trans* ([4]), ([5]) [V*a* → V*b*; IV*a* → IV*c*; IV*b* → IV*c*].

Les arguments énoncés plus haut, pourtant cohérents, sont rendus quelque peu fragiles par le fait que le spectre du *bis* (phénylstyryl)-9.10 anthracène, VII [F_{inst} 293-294°; préparé par des méthodes analogues à celles qui ont conduit à IV*c* ([2])] est voisin de celui de IV*c*, et non, comme on devait s'y attendre, de celui de IV*a*. Les configurations stéréochimiques ci-dessus ne peuvent donc pas être considérées comme définitives.

L'introduction d'une triple liaison dans la chaîne latérale de VI modifie moins l'allure du spectre que ne le fait la double liaison *trans* [comparer III ([6]) et V*b*, I ([7]) et IV*c*]. Mais le déplacement bathochromique est assez important chez les acétyléniques (300 Å par triple liaison), alors qu'il est faible chez les éthyléniques; cette propriété, qui semble en contradiction avec la précédente, est néanmoins à rapprocher de ce qui a été constaté en comparant les spectres de colorants triarylallyliques et triarylpropargyliques aminés ([8]).

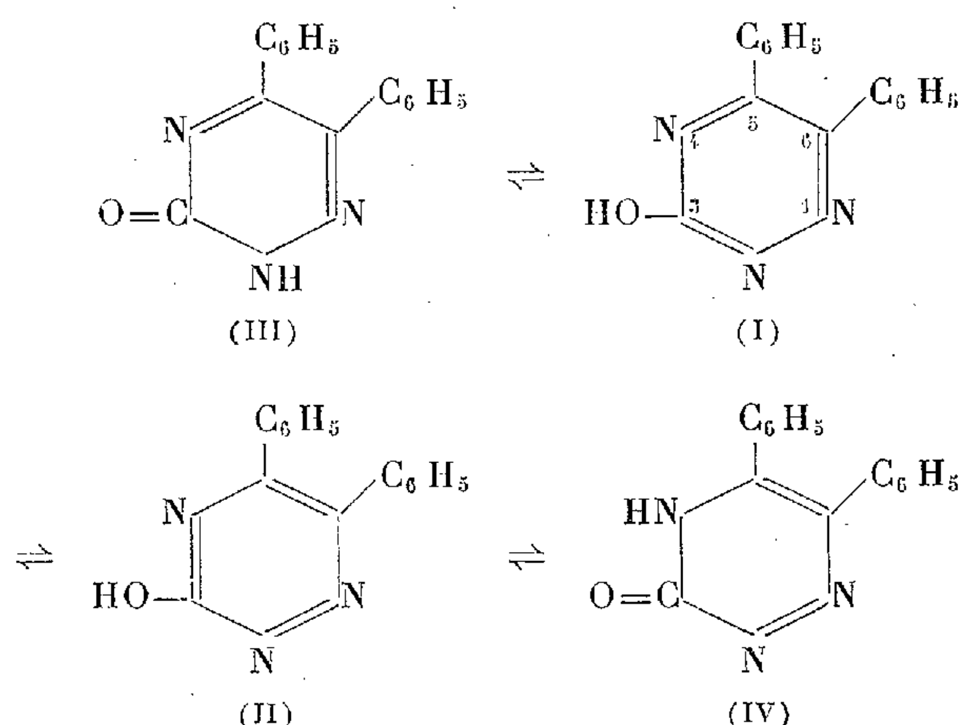
Dans la partie ultraviolette, on constate un effet hyperchrome, vers 3000 Å, par création de liaisons multiples dans les chaînes latérales de VI. Cet effet est de plus en plus marqué quand on passe du radical *cis*-styryle (IV*a* et V*a*) au *trans*-styryle (IV*c* et V*b*), et surtout au phényléthynyle (I, II et III), auquel correspondent des bandes assez nettes.

CHIMIE ORGANIQUE. — *Dérivés de l'hydroxy-3 diphényl-5.6 as.-triazine.* Note de MM. **Michel Polonovski**, **Marcel Pesson** et Mme **Pesia Rajzman**, présentée par M. Marcel Delépine.

L'hydroxy-3 diphényl-5.6 *as.*-triazine, préparée par condensation du benzile et de la semicarbaside peut, en principe, exister sous une forme lactime et sous

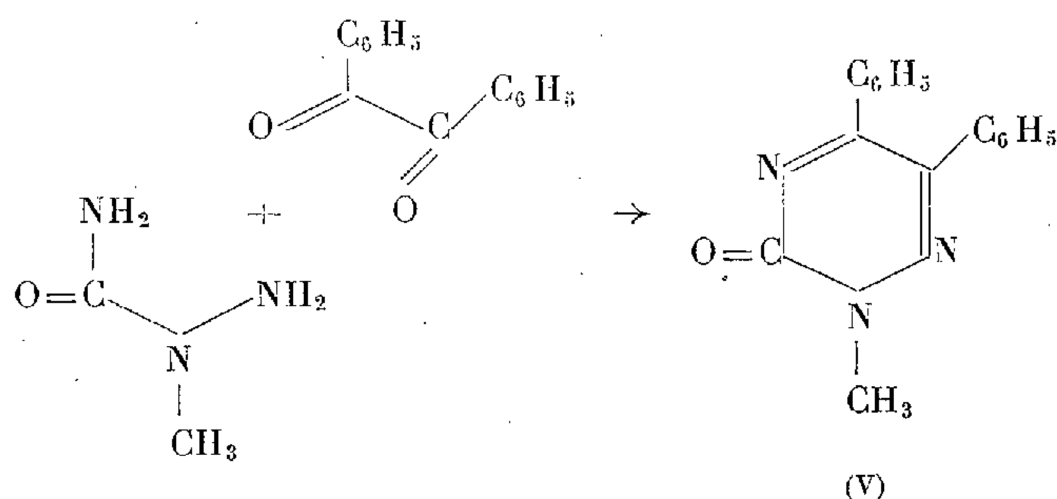
([3]) Ch. Dufraisse, in V. Grignard, *Traité de Chimie organique*, I, p. 1053.
([4]) F. Straus, *Liebigs Ann. Chem.*, 342, 1905, p. 238.
([5]) J. H. Pinckard, B. Wille et L. Zechmeister, *Amer. Chem. Soc.*, 70, 1948, p. 1938.
([6]) G. Rio, *Comptes rendus*, 235, 1952, p. 182.
([7]) Ch. Dufraisse, J. Mathieu et G. Rio, *Comptes rendus*, 227, 1948, p. 937.
([8]) Ch. Dufraisse, A. Étienne et P. Barbieri, *Comptes rendus*, 232, 1951, p. 1977.

une forme lactame. A la première répondent les schémas (I) ou (II) auxquels correspondent respectivement les schémas (III) et (IV) de la seconde.



Par alcoylation de cette triazine, Biltz et Arnd [1], en opérant en milieu méthanolique, par le sulfate de méthyle, en présence de méthylate de sodium, ont obtenu un dérivé méthylé ne comportant pas de fonction méthoxy (F 154°); ces auteurs lui ont attribué la structure (V) (méthyl-2 dihydro-2.3 céto-3 diphényl-5.6 *as.*-triazine), correspondant à la forme lactame écrite selon (III). Cependant, la structure de ce dérivé méthylé n'ayant pas été prouvée avec certitude, on ne pouvait, *a priori*, rejeter une structure correspondant au schéma (IV).

Dans le but de préciser la structure de ce produit d'alcoylation, nous avons réalisé la synthèse de la méthyl-2 dihydro-2.3 céto-3 diphényl-5.6 *as.*-triazine par condensation de la méthyl-2 semicarbazide et du benzile en milieu acétique, selon le schéma :



Le produit obtenu dans ces conditions (F 154°) [2] (trouvé %, C 73,42, H 4,85, N 16,04; calculé %, C 72,97, H 4,98, N 15,97) s'est révélé identique

[1] *Annalen der Chemie*, **339**, 1905, p. 267.

[2] Les points de fusion sont pris au bloc Maquenne.

au produit méthylé préparé selon Biltz et Arnd, ce qui confirme la structure proposée par ces auteurs. Dans le but d'obtenir le dérivé (VII) correspondant à la méthylation de l'hydrogène acide de la forme lactime, nous avons tenté l'alcoylation de la diphénylhydroxytriazine dans différentes conditions : alcoylation du sel de sodium de l'hydroxytriazine en milieu apolaire (acétone), du sel d'argent par l'iodure de méthyle, alcoylation de l'hydroxytriazine elle-même en milieu méthanolique ou benzénique, par le diazométhane. Dans tous les cas, nous n'avons obtenu que la substance (V).

La méthoxy-3 diphényl-5.6 *as.*-triazine (VII) a cependant pu être préparée par la méthode suivante : l'hydroxy-3 diphényl-5.6 *as.*-triazine, traitée à l'ébullition par l'oxychlorure de phosphore, en présence de diméthylaniline conduit à la chloro-3 diphényl-5.6 *as.*-triazine (VI) F 156-157°. (Trouvé %, C 67,1; H 3,52; N 15,78; calculé %, C 67,26; H 3,72; N 15,70). Cette dernière traitée, à température ordinaire, par le méthylate de sodium en solution méthanolique absolue, fournit la méthoxy-3 diphényl-5.6 *as.*-triazine. F 77° (trouvé %, C 73,61; H 4,75; N 16,11; CH_3O 11,8; calculée %, C 72,97; H 4,98; N 15,97; CH_3O 11,78). Masse moléculaire calculée : 263,13; trouvé (Rast) : 267,9.

HO–triazine(C_6H_5, C_6H_5) $\xrightarrow{POCl_3}$ Cl–triazine(C_6H_5, C_6H_5) (VI) $\xrightarrow{CH_3ONa}$ H_3CO–triazine(C_6H_5, C_6H_5) (VII)

Par hydrolyse ménagée, en milieu acétique, par l'acide bromhydrique fumant, (VII) conduit à l'hydroxy-3 diphényl-5.6 *as.*-triazine, ce qui confirme la structure du dérivé méthoxylé. Des conditions de réaction plus brutales conduisent au benzile, par hydrolyse de l'hydroxy-3 diphényl-5.6 *as.*-triazine intermédiairement formée, ainsi que nous avons pu le vérifier, en partant directement de cette dernière.

Enfin, par chauffage (2 h) à 200°, la méthoxy-3 diphényl-5.6 *as.*-triazine conduit à la méthyl-2 céto-3 dihydro-2.3 diphényl-5.6 *as.*-triazine (VII → V), par migration du méthyl de l'oxygène sur l'atome d'azote en 2.

CHIMIE ORGANIQUE. — *Réduction des sels d'alcoylquinoléiniums et isoquinoléiniums.* Note de M. **Robert Torossian**, présentée par M. Marcel Delépine.

La réduction par le borohydrure de potassium des sels d'alcoylquinoléiniums et isoquinoléiniums conduit à des dérivés N-alcoylés *o*-dihydrogénés ou 1.2.3.4-tétrahydrogénés; seuls ces derniers peuvent être isolés.

La réduction des sels d'alcoylquinoléiniums et isoquinoléiniums a déjà été

réalisée par Schmid et Karrer ([1]) au moyen de l'hydrure double de lithium et d'aluminium; ils ont ainsi obtenu, en milieu rigoureusement anhydre, les dérivés *o*-dihydrogénés correspondants, extrêmement instables et difficiles à isoler.

Nous avons pensé que le borohydrure de potassium, plus sélectif et plus facile à employer, permettrait d'obtenir plus aisément ces substances. Ainsi Panouse ([2]) a pu isoler les *o*-dihydro et tétrahydropyridines N-alcoylées en réduisant les sels de pyridinium par une solution aqueuse de borohydrure de potassium, neutre ou alcaline selon le cas.

En faisant réagir le borohydrure de potassium, en milieu neutre, sur les sels d'alcoylquinoléiniums et isoquinoléiniums, il nous a été imposible d'isoler les dérivés *o*-dihydrogénés. Seul se forme le dérivé 1.2.3.4-tétrahydrogéné, connu depuis longtemps et obtenu soit par réduction au moyen de l'étain et de l'acide chlorhydrique concentré ([3]), soit par l'éthylate de sodium ([4]), soit enfin par alcoylation de la tétrahydro-1.2.3.4 quinoléine ([5]).

La réaction est extrêmement simple à réaliser. On verse par petites fractions une solution aqueuse à 5 % de BH_4K dans une solution aqueuse et neutre du sel à réduire; on chauffe ensuite progressivement jusqu'à complet dégagement de l'hydrogène, on entraîne l'amine formée à la vapeur, on l'extrait à l'éther et on la purifie par distillation sous azote.

Les rendements en produits purs sont en général excellents, comme le montre le tableau ci-dessous (tous les points de fusion ont été pris au bloc de Kofler) :

Dérivés de la tétrahydro-1.2.3.4-quinoléine.

	É	Rdt (%).	Iodo-méthylate F.
N-méthyl	132-134°/18 mm	70	170°
			Picrate.
N-éthyl	133-136°/18 »	72	126°
N.*n*-propyl	146-148°/16 »	62	178°
N.*n*-butyl	141-145°/10 »	50	195°

Dérivés de la tétrahydro-1.2.3.4-isoquinoléine.

	É.	Rdt (%)	Picrate F.	Iodo-méthylate F.
N-méthyl	114-115°/ 28 mm	85	160°	192°
N-éthyl	110-112°/ 18 »	91	125°	139°
N.*n*-propyl	257-258°/753 »	93	123°	127°
N.*n*-butyl	146-148°/ 12 »	73	121°	126°

([1]) *Helv. Chim. Acta*, **32**, 1949, p. 960.
([2]) *Thèse de Doctorat ès Sciences*, Paris, 1952.
([3]) Feer et Kœnigs, *Ber. dtsch. Chem. Gesell.*, **18**, 1885, p. 2388.
([4]) Decker, *Ber. dtsch. Chem. Gesell.*, 36, 1903, p. 1208 et 2569.
([5]) J. V. Braun, *Ber. dtsch. Chem. Gesell.*, **42**, 1909, p. 2226.

Ces résultats montrent combien cet agent de réduction est préférable à ceux employés jusqu'ici. Ainsi, Braun ([5]) ayant synthétisé la N-*n*-propyl-tétrahydro-1.2.3.4-quinoléine par alcoylation, indique pour le point d'ébulllition sous 16 mm : 146° et pour le point de fusion du picrate : 73°. La réduction du bromo-*n*-propylate de la quinoléine par BH_4K donne une amine dont le point d'ébullition est bien de 146° sous 16 mm de pression et correspond donc au produit de Braun, mais le picrate fond à 178° et son analyse est excellente. Pour $C_{18}H_{20}N_4O_7$: N %, calculé, 13,86; trouvé, 13,78.

Si, comme l'a fait Panouse pour les sels de pyridinium, la réduction est faite en milieu alcalin, on obtient alors un mélange de corps *o*-dihydrogénés et tétrahydrogénés, mais duquel nous n'avons pu réussir à isoler le dérivé *o*-dihydrogéné; celui-ci est en effet extrêmement instable, s'oxydant et se polymérisant en quelques minutes.

Cette impossibilité d'isoler les dérivés dihydrogénés en milieu alcalin trouve son explication dans les observations de Decker ([4]) d'après lequel l'action de la soude sur l'iodométhylate de la quinoléine conduit, sans agent réducteur, à la N-méthyl-tétrahydro-1.2.3.4-quinoléine. Ainsi, si l'alcalinité du milieu réactionnel permet partiellement la réduction par BH_4K en dérivés dihydrogénés, il faut tenir compte qu'elle conduit en même temps aux dérivés tétrahydrogénés.

CHIMIE ORGANIQUE. — *Action des échangeurs d'anions sur les aldéhydes aliphatiques.* Note de M. **Georges Durr**, présentée par M. Marcel Delépine.

Dans cette Note l'auteur étudie quelques exemples qui mettent en évidence l'action des échangeurs d'anions sur les aldéhydes aliphatiques.

Dans une Note précédente ([1]) nous avons présenté les résultats que nous avions obtenus en traitant l'œnanthol par les échangeurs d'anions. Nous avons étudié trois autres aldéhydes aliphatiques : *n*-butanal, *n*-hexanal et acétaldéhyde.

1. *n-butanal.* — Le *n*-butanal employé est préparé en faisant passer les vapeurs d'alcool butylique avec un courant d'air, dans un tube contenant un catalyseur d'oxydation (cuivre réduit monté sur laine d'amiante) et chauffé à 330-350° C.

Tous nos essais ont été réalisés avec l'Amberlite IR-4B, résine de la famille des polyalkylènes-polyamines, sous sa forme basique et en milieu non aqueux. Nous avons employé l'échangeur d'anions au pourcentage de 5 g pour 100 g de butanal.

([1]) *Comptes rendus*, 235, 1952, p. 1038.

Le produit principal obtenu est $CH_3-(CH_2)_2-CH=C(C_2H_5)-CHO$ (éthyl-2, hexène-2 al) résultant de la condensation de deux molécules de *n*-butanal avec élimination d'une molécule d'eau (crotonisation). Une partie du butanal n'est pas entré en réaction; le résidu, peu important, n'a pas été identifié.

Pour nous rendre compte de l'influence de la température, nous avons fait varier celle-ci entre 60 et 125° C. Pour les températures supérieures au point d'ébullition du butanal (74° C), nous avons opéré dans une bombe hermétique en fer. Les principaux résultats obtenus sont les suivants :

Rendement en éthyl-2, hexène-2 al : 14 % à 65° C; 23 % à 75° C; 34 % à 95° C; 47 % à 125° C.

La réaction de condensation est donc grandement favorisée par une élévation de température.

Nous avons essayé par une distillation sous vide, de mettre en évidence la formation de l'aldol du butanal ($CH_3-(CH_2)_2-CHOH-CH(C_2H_5)-CHO$), mais il ne semble pas que ce produit se soit formé comme produit intermédiaire.

Remarque. — Un essai dans les mêmes conditions avec un autre échangeur de basicité plus forte, mais plus résistant à la chaleur (Amberlite IRA-400 : polystyrolène à fonction amine quaternaire) n'a donné aucun résultat appréciable, ce qui semble indiquer que la nature de l'échangeur joue un rôle important et que l'action catalytique de l'échangeur ne dépend pas seulement de sa basicité mais également de sa perméabilité.

2. *n-hexanal.* — L'hexanal employé est celui du commerce fraîchement redistillé. Les essais sont effectués à température constante (120-130° C). On obtient comme produit de condensation le butyl-2 octène-2 al résultant de la crotonisation de l'hexanal.

En faisant varier le temps de réaction nous avons obtenu les résultats suivants : 16 % après 1 h; 60 % après 6 h.

De même que pour le butanal, il n'a pas été possible de mettre en évidence la formation de l'hexanaldol.

3. *Acétaldéhyde.* — L'acétaldéhyde employé est obtenu par dépolymérisation du paraldéhyde.

L'étude de cet aldéhyde présente quelques difficultés à cause de sa grande volatilité (É 20°,8 C) et de la facilité avec laquelle il se polymérise. En particulier par action des alcalis caustiques en solution aqueuse diluée on obtient l'aldol, le crotonaldéhyde et un haut polymère mal défini connu sous le nom de résine d'aldéhyde. De plus, l'aldol se décompose facilement à 83-84° C pour donner le crotonaldéhyde ([2]).

([2]) GRIGNARD et REIF, *Bull. Soc. Chim.*, 1908, p. 116.

Nos essais ont été effectués dans une bombe hermétique en fer chauffée à 120-130° C. On a obtenu un mélange d'aldol, de crotonaldéhyde et de résine d'aldéhyde. Pour éviter la décomposition de l'aldol, on a effectué le fractionnement sous vide.

A température plus basse (vers 90° C), il n'y a plus formation de résine d'aldéhyde, la proportion d'aldol augmente, celle de crotonaldéhyde diminue. Au contraire, pour une température plus élevée (140° C) on obtient uniquement la résine d'aldéhyde.

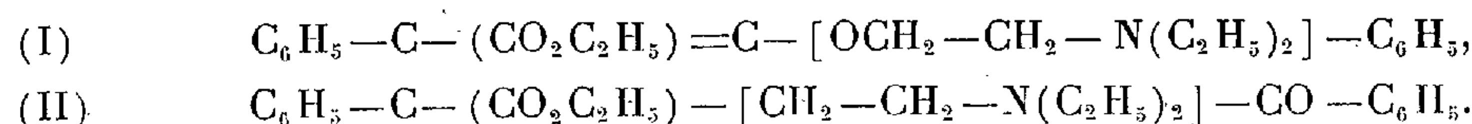
Enfin, nous avons fait un essai avec l'acétaldéhyde seul chauffé dans les mêmes conditions (125° C) et pendant le même temps. Nous avons obtenu une très faible quantité d'aldol comme produit principal de condensation; il ne se forme ni crotonaldéhyde, ni résine d'aldéhyde; la plus grande partie de l'acétaldéhyde reste inchangée.

Ces divers résultats semblent montrer que certains échangeurs d'anions sous leur forme basique sont des catalyseurs de condensation des aldéhydes aliphatiques conduisant directement jusqu'à la crotonisation. Ces catalyseurs agissent à des températures assez élevées, variable suivant la nature de l'échangeur. L'efficacité d'un échangeur d'anions dépend non seulement de sa basicité, mais aussi de sa nature et de ses qualités physiques telle que sa sensibilité à la chaleur.

CHIMIE ORGANIQUE. — *Préparation, isolement et étude des bromhydrates des isomères* cis-trans *de l'α-carbéthoxy α'-diéthylaminoéthoxy stilbène et du bromhydrate de l'α-carbéthoxy α-diéthylaminoéthyl désoxybenzoïne*. Note de MM. **Jean Matti** et **Pierre Reynaud**, présentée par M. Jacques Tréfouël.

Les auteurs ont préparé, isolé et étudié les deux substances susceptibles de résulter de l'action du diéthylaminochloréthane sur l'α-carbéthoxy désoxybenzoïne. L'une en est l'éther de la forme énolique : c'est l'α-carbéthoxy α'-diéthylaminoéthoxy stilbène (I) dont les deux formes *cis-trans* ont été séparées à l'état de bromhydrates; l'autre est l'α-carbéthoxy α-diéthylaminoéthyl désoxybenzoïne (II) qui possède la forme cétonique.

Cette étude complète certains de nos résultats déjà publiés ([1]), ([2]), ([3]). Lorsque l'on fait agir le diéthylaminochloréthane sur l'α-carbéthoxy désoxybenzoïne on obtient un mélange huileux des bases (I) et (II) :



(I) $C_6H_5-C-(CO_2C_2H_5)=C-[OCH_2-CH_2-N(C_2H_5)_2]-C_6H_5$,

(II) $C_6H_5-C-(CO_2C_2H_5)-[CH_2-CH_2-N(C_2H_5)_2]-CO-C_6H_5$.

(1) *Bull. Soc. Chim.*, (5), **18**, 1951, p. 31, 33 et 459.

(2) *Bull. Soc. Chim.* (5), **18**, 1951, p. 612.

(3) *Comptes rendus*, **235**, 1952, p. 1230.

Les conditions sont les suivantes :

A 28,5 g d'α-carbéthoxy désoxybenzoïne (1 mol) dissous dans 100 cm³ de benzène on ajoute 14,3 g de diéthylaminochloréthane (1 mol), puis, peu à peu en agitant, 4,1 g d'amidure de sodium pur (1 mol) finement pulvérisé en veillant à ce que la température ne dépasse pas 40°. L'addition terminée, on chauffe lentement le mélange jusqu'à 80°. Cette température est maintenue 1 h. Après une nuit de repos, on verse sur 250 cm³ d'eau. On décante et on extrait plusieurs fois la couche benzénique avec de l'acide chlorhydrique N. Les solutions acides sont rapidement alcalinisées et extraites avec de l'éther. On sèche sur du sulfate de sodium, on chasse le solvant et on distille le résidu. Après avoir isolé quelques gouttes de benzoate de diéthylaminoéthanol (picrate F 133°) on recueille la fraction principale : huile $É_{0,1}$ 198°. Rdt 65,3 %.

La séparation des corps est basée sur les différences de solubilité, dans l'alcool isopropylique, de l'un de leurs sels : le bromhydrate, ainsi que sur la grande différence de stabilité, en milieu acide, des éthers *cis* et *trans* de la forme énolique de l'α-carbéthoxy désoxybenzoine (I) et de la cétone (II) : seuls, les éthers sont scindés. Cette dernière propriété nous a permis d'évaluer à 90 % environ la proportion de (I) et à 10 % celle de (II) dans le produit de la réaction.

Produit (I). — L'isolement de l'un des isomères géométriques de l'α-carbétoxy α'-diéthylaminoéthoxy stilbène, celui dont le bromhydrate fond le plus haut F 136°, ne présente aucune difficulté : il est peu soluble dans l'alcool isopropylique. Par contre, la séparation de l'autre isomère, dont le bromhydrate F 106° est plus soluble, est plus délicate : il faut, pour le séparer complètement, ajouter de l'éther à la solution alcoolique-mère de cristallisation. Une fois isolés, ces deux sels recristallisent facilement, même dans l'eau. Ils se présentent alors, l'un (F 136°) sous l'aspect de prismes rectangulaires; l'autre (F 106°) de superbes aiguilles très fines (⁴). On obtient environ six parties du premier pour quatre du second. Tous deux ont comme composition centésimale $C_{23}H_{30}O_3NBr$ et sont coupés, à froid, par les acides, en solution aqueuse, en un temps inversement proportionnel au pH. Il se forme quantitativement de l'α-carbéthoxy désoxybenzoïne et du sel de diéthylaminoéthanol. Par ébullition dans de l'acide bromhydrique 0,5 N, cette coupure est presque instantanée. L'isomère F 136° est cependant coupé plus rapidement encore que F 106°.

En milieu alcalin alcoolique, ces corps ne sont pas coupés, seule la fonction ester est saponifiée à l'ébullition. L'un et l'autre additionnent instantanément le brome. Cette fixation s'accompagne d'une dislocation complète de la molécule. L'ensemble de ces propriétés, joint aux connaissances que nous avons

(⁴) La séparation effectuée par l'intermédiaire des chlorhydrates est très délicate. Isolés, ces chlorhydrates fondent, après plusieurs cristallisations, à 142° (plaquettes, alcool éthylique absolu) et à 123° (aiguilles prismatiques, mélange alcool absolu, éther).

déjà ([1]), confirme la structure (I) que nous attribuons à chacun de ces deux corps. Leur isomérie géométrique est mise en évidence par l'étude comparative des spectres d'absorption dans l'ultraviolet. L'isomère fondant le plus bas a une courbe d'absorption légèrement plus près du visible que celle de l'isomère fondant le plus haut [à rapprocher de ([3])].

Voici le résultat des ces mesures : l'absorption est exprimée par $\log \varepsilon$, les autres chiffres représentent $\nu\ 10^{-12}$. Alcool N/1000.
Bromhydrate F 106° : 1091 ($\log \varepsilon$ 3,95) ↘ 1200 ($\log \varepsilon$ 3,82);
Bromhydrate F 136° : 1128 ($\log \varepsilon$ 4,07) ↘ 1265 ($\log \varepsilon$ 3,83).

Produit (II). — L'α-carbéthoxy α-diéthylaminoéthyl désoxybenzoïne se trouve, après la séparation des éthers de l'énol, sous forme de bromhydrate, dans le produit huileux obtenu en concentrant les alcools isopropyliques de cristallisations. Pour l'isoler, aussi pur que possible, on détruit tout d'abord les éthers, contenus encore dans cette huile, par des ébullitions répétées avec de l'acide bromhydrique dilué; ensuite, après avoir extrait avec de l'éther, on alcalinise, on décante la base insoluble, on la lave abondamment avec de l'eau, et l'on en refait le bromhydrate. Ce sel est hygroscopique; nous n'avons pu l'obtenir cristallisé. Le picrate est insoluble dans l'eau mais également huileux. Ces propriétés, ainsi que le faible rendement en ce produit (6,5 % brut) nous ont empêchés de procéder à des analyses susceptibles d'apporter, par elles-mêmes, une confirmation de la constitution de cette amino-cétone. Aussi, l'avons-nous identifiée par l'étude comparative du spectre d'absorption dans l'ultraviolet de la solution de son bromhydrate avec : *d'une part* le spectre de la solution de l'α-carbéthoxy désoxybenzoïne : les spectres ont une origine très voisine et s'entrelacent [à rapprocher de la figure 2 de notre plublication ([1]) p. 31], et, *d'autre part,* avec les spectres des deux isomères géométriques de l'α-carbéthoxy α'-diéthylaminoéthoxy stilbène établis ici.

Cétone étudiée (bromhydrate alcool N/1000) : 1193 ($\log \varepsilon$ 4,02) ↘;
α-carbéthoxy désoxybenzoïne (alcool N/1000) : 1209 ($\log \varepsilon$ 4,05) ↘.

Il est donc évident, d'après cette étude, qu'il ne subsiste aucun doute quant à la présence de la cétone (II) dans les produits de la réaction.

GÉOGRAPHIE PHYSIQUE. — *Surfaces d'aplanissement tertiaires de forme alvéolaire dans la partie septentrionale du Massif Central français.* Note de M. **Jean Dautry**, présentée par M. Emmanuel de Margerie.

Les éléments du relief, sa formation, et l'évolution morphologique de l'une d'entre elles.

Au cours de l'époque Tertiaire, les interférences entre plis Hercyniens et Alpins aboutissaient à la création de cuvettes intérieures, d'origine

tectonique, dissymétriques pour la plupart. L'évolution morphologique de chacune d'elles paraît s'être poursuivie d'une manière quasi indépendante des grands niveaux de base extérieurs, en marge des bordures sédimentaires au Nord du Massif Central français.

C'est ainsi que la cuvette dissymétrique ayant conservé les restes Oligocènes du bassin de Gouzon (Creuse) montre un entourage de « *banquettes d'érosion* » formant des plateaux étagés. Ceux-ci paraissent avoir évolué en fonction du seul cadre structural originel et de ses modifications successives. Dans son ensemble, le réseau hydrographique paraît s'adapter aux limites principales de ce cadre : Combrailles à l'Est, plateaux des Marches à l'Ouest, basculement et affaissement Tertiaire Sud-Nord contre la barre granitique et granulitique Est-Ouest allant du Sud-Est de Montluçon jusqu'à la Creuse, directions médidiennes du socle, enfin, qui ont créé une gouttière de convergence empruntée par le Cher. Ce cadre détermine un ensemble hydrographique indépendant et cohérent, celui du « *Haut-Cher* », qui comprend les cours de la Tardes et de la Voueize, s'opposant au cours du Cher lui-même dans le fossé tectonique de Montluçon.

Cependant, dans le détail, les ressauts marqués par les interfluves, aussi bien que les ruptures de pente concomitantes dans les profils longitudinaux des thalwegs montrent également *l'inadaptation totale de ce même réseau aux accidents structuraux internes d'influence secondaire*. La répartition, l'épaisseur, et le faciès des quelques dépôts Oligocène conservés montrent d'autre part, que *remplissage* et *affaissement, remblaiement et érosion ont alterné*, et que l'enfoncement s'est ainsi effectué par à-coups successifs (1).

Ces reprises de mouvements à la suite de périodes de stabilité ont amené la fossilisation de portions importantes de la surface Eogène (2), cependant que d'autres se trouvaient encore en voie d'achèvement. Dans ces conditions, *l'inadaptation du réseau, déjà souvent fort avancée, s'est trouvée accrue dans de notables proportions*. A la fin de l'époque Oligocène (Aquitanien) (3), une surface d'aplanissement a pu ensuite, au cours d'une période de stabilité relative suffisamment longue, *retoucher sur les bords du bassin la surface Eogène*, créant un nouveau replat, et un nouvel étagement très net dans le socle cristallin.

---

(1) *Cf.* A. PERPILLOU, *Le Limousin. Étude de géographie régionale*, Chartres, Durand, 1940.

(2) H. BAULIG, *Le plateau central de la France et sa bordure méditerranéenne*, Colin, 1928 et rééditions.

(3) A. CHOLLEY, *Recherches sur les surfaces d'aplanissement tertiaires dans le Jura méridional et dans le Bourbonnais et le Charolais* (*Cong. Int. de Géographie*, Paris, II, 1931).

Cette « morsure » se distingue parfaitement autour de Gouzon, à des formes topographiques très fraîches :

— Au Centre, larges dépressions où dorment des étangs, vallées aux versants très adoucis alternent avec de molles ondulations : c'est la plaine intérieure de Gouzon.

— Au Sud, à travers une bande régulière de collines qui s'élèvent graduellement, le socle cristallin réapparaît *sous forme de glacis*. On retrouve là, la pente originelle de la surface Eogène affaissée (c'est une région dans laquelle cette surface, fossilisée sous le Stampien, s'individualise comme pénéplaine à peine exhumée). Mais l'attaque du socle par érosion régressive a déterminé deux systèmes hydrographiques : l'un qui consiste en un réseau aux directions rectilignes imposées par la pente, peu ou pas anastomosé, et dont l'enfoncement est peu poussé; l'autre, déjà plus enfoncé, a des versants *resserrés à l'amont qui s'élargissent vers l'aval*. Son écoulement n'est plus en rapport avec la pente de la pénéplaine exhumée.

— Au Nord comme au Sud du bassin de Gouzon, un premier plateau plus élevé, à peu près plat, fait suite au glacis. On le trouve sur tout le pourtour, à une altitude variant entre 500 et 530 m. La totalité des rivières le traversent en gorges qui, contrairement à celles pénétrant le glacis, sont de plus en plus profondes, et de plus en plus resserrées *d'amont vers l'aval*. Puis, plus au Sud, apparaît un nouveau glacis, constitué par des collines de 560 à 630 m d'altitude moyenne, dont la pente graduellement montante vers le Sud est de valeur à peu près similaire à celle du glacis inférieur. C'est la « *pénéplaine Eogène vraie* », attaquée de partout par un réseau beaucoup plus ramifié, aux caractères différents, et qui représente l'amorce d'un nouveau cycle d'érosion.

Les surfaces qui se remarquent à la suite, et sont parfois très nettes, témoignent d'une planation d'âge probable (4) Infra-Crétacé (5). Plus haut encore, de vastes portions semblent appartenir à une surface qui se rattache à celles du Haut-Limousin et serait ainsi dérivée peu à peu de la surface Post-Hercynienne elle-même.

Par la répétition de semblables phénomènes d'érosions et de remblaiements successifs, ayant amené une évolution morphogénétique que l'on peut assimiler à d'autres cuvettes de l'intérieur du Massif Central Nord, telles le bassin de Cosne d'Allier, creusé dans le Permien du Bourbonnais, ou même celle de la Haute-Sioule entre Pontaumur et Pontgibaud, la formation de surfaces alvéolaires prend un caractère de généralité certain

(4) Aucun dépôt n'existe sur tous ces plateaux.

(5) A. PERPILLOU, *Le Limousin. étude de géographie physique régionale* (*Thèse*, Chartres, 1900, Durand).

PHYSIOLOGIE VÉGÉTALE. — *Remarques sur l'emploi du lait de Coco pour la réalisation des cultures de tissus végétaux.* Note de M. **Roger Gautheret**, présentée par M. Roger Heim.

Les milieux additionnés de lait de Coco permettent de cultiver certains tissus plus facilement que les milieux habituels. Mais, dans d'autres cas, les résultats sont décevants, car la prolifération bien que rapide présente des caractères pathologiques et ne peut être entretenue indéfiniment.

On sait que l'albumen liquide contenu dans les jeunes graines de *Cocos nucifera* (lait de coco) stimule puissamment la prolifération cellulaire. Cette découverte fut faite par Van Overbeek, Conklin et Blakeslee (1) au cours de recherches sur la culture des embryons de *Datura*. Par la suite, Caplin et Steward (2) ont obtenu une prolifération intense du parenchyme libérien de Carotte en utilisant des milieux additionnés de doses convenables de lait de Coco. Enfin, Duhamet (3) a démontré que cette substance possède la propriété spécifique de stimuler le développement des tissus tumoraux qui, comme nous l'avions établi antérieurement, sont insensibles aux auxines (4).

A la suite de ces résultats, on pouvait penser que l'emploi du lait de Coco comme agent stimulant deviendrait une pratique absolument courante. Certaines tentatives furent très encourageantes. Signalons, en effet, que c'est grâce à lui que Morel et Wetmore (5) ont réalisé des cultures de tissus de Monocotylédones et qu'Henderson, Durrell et Bonner (6) ont obtenu la culture indéfinie des tissus de Soleil. Duhamet et Goris ont constaté que les colonies de tissus de Carotte et de Crown-Gall de Scorsonère, cultivés en présence de lait de Coco, ne subissent pas d'altération de leurs propriétés générales car, lorsqu'on les ramène ensuite dans un milieu ne contenant que des sels minéraux et du glucose, elles reprennent leur régime de croissance et leur aspect primitif (travaux inédits).

Toutefois, dans des cas également nombreux, l'emploi du lait de Coco a suscité des déboires. Nous avons, par exemple, entrepris des essais infructueux pour améliorer au moyen de cette substance le développement de certains tissus à croissance normalement lente. C'est ainsi que, dans le cas des souches normales de Vigne, de Rutabaga et d'Endive, son addition

(1) *Science*, **94**, 1941, p. 350-351.
(2) *Science*, **108**, 1948, p. 655-657.
(3) *Comptes rendus*, **230**, 1950, p. 770 et *C. R. Soc. Biol.*, **145**, 1951, p. 1781.
(4) *C. R. Soc. Biol.*, **142**, 1948, p. 807-808.
(5) *Amer. J. Bot.*, **38**, 1951, p. 138-140.
(6) *Amer. J. Bot.*, **39**, 1952, p. 467-473.

aux milieux de culture a permis une exaltation parfois considérable du développement, mais au bout de six à dix passages selon les espèces, la prolifération s'est ralentie et les cultures furent perdues. Des essais réalisés avec des souches de tissus normaux de Topinambour et de Scorsonère furent plus encourageants, car la croissance s'accéléra d'une manière durable par l'utilisation de milieux à base de lait de Coco. Mais les souches ayant subi ce traitement n'ont pu être ramenées avec succès sur le milieu primitif qui contenait seulement de l'acide naphtalène acétique comme agent stimulant car, chaque fois que l'on supprimait le lait de Coco, les colonies se nécrosaient en quelques semaines.

Nous avons enregistré un échec analogue avec la souche de tissus de Carotte de Levine ([7]) qui possède la propriété exceptionnelle, pour cette espèce, de produire des bourgeons. La croissance de cette souche sur un milieu contenant de l'acide indole acétique à la dose de 5.10^{-6} était relativement rapide et l'adjonction de lait de Coco permettait d'obtenir une prolifération encore plus intense. Or, après avoir cultivé des colonies pendant à peu près une année en présence d'un mélange des deux substances stimulantes, nous avons constaté qu'elles ne pouvaient plus se passer de lait de Coco, mais se nécrosaient dès que l'on supprimait celui-ci.

Signalons encore que l'emploi du lait de Coco pour la culture des tissus de pommes de terre a probablement fourni des résultats décevants à Steward et Caplin ([8]), car ils semblent avoir abandonné les études qu'ils poursuivaient sur cette espèce.

Signalons enfin que le lait de Coco provoque parfois une modification de l'aspect des cultures. C'est ainsi que les colonies de tissus normaux de Vigne soumises à son action deviennent spongieuses et s'entourent d'un revêtement brun qui ne se forme pas dans les cultures réalisées en présence d'acide indole acétique. Cette modification morphologique s'accompagne de troubles physiologiques dont Goris a récemment donné un exemple dans le cas des tissus de Carotte ([9]).

Ainsi, le lait de Coco ne peut être considéré comme une panacée. La prolifération intense qu'il provoque présente souvent un caractère pathologique; elle s'accompagne de modifications des propriétés tissulaires de telle sorte que l'on ne peut espérer entreprendre des études sur la physiologie normale des tissus au moyen de cultures réalisées en présence de cette substance.

([7]) *Amer. J. Bot.*, **38**, 1951, p. 132-138. La souche utilisée dans ce travail nous fut aimablement adressée par M. Levine.

([8]) *Science*, **113**, 1951, p. 518-520.

([9]) *Comptes rendus*, **231**, 1950, p. 870.

PHYSIOLOGIE VÉGÉTALE. — *Observations à propos de la Note précédente.* Note de MM. **Roger Heim** et **Roger Cailleux**.

La Note précédente de M. Roger Gautheret nous conduit à ajouter quelques indications provenant d'essais entrepris durant ces derniers mois, au Laboratoire de Cryptogamie du Muséum National, relatifs à l'influence du lait de Coco frais sur la croissance des Champignons Basidiomycètes, en culture pure. Nos propres expériences confirment les déboires que nous signale à ce propos l'auteur de la Note ci-dessus.

Nous avons utilisé des solutions aqueuses de 10, 15 et 20 % de lait de Coco en milieu gélosé. Les espèces suivantes ont servi de matériel cultural vivant [1].

Clitocybe candida (47) et *nebularis* (78); *Collybia fusipes* (221) et *velutipes* (90, 913); *Mucidula mucida* (60) et *radicata* (1); *Termitomyces mammiformis* (627), *Schimperi* (476) et *striatus* (698); *Pholiota adiposa* (55), *aurivella* (360), *ægerita* (2203), *destruens* (51), *heteroclita* (2225), *mutabilis* (26), *præcox* (910), *spectabilis* (160), *squarrosa* (305); *Pleurotus cornucopiæ* (933); *Psalliota augusta* (43) et *arvensis* (44); *Dryodon coralloides* (917), *cirrhatum* (20) et *Erinaceus* (24); *Fistulina hepatica* (948); *Ganoderma lucidum* (340); *Gyrophana lacrymans* (919); *Lentinus tigrinus* (131) et *tuber-regium* (657); *Leucoporus brumalis* (116); *Melanopus varius* (932); *Schizophyllum commune* (262); *Sparassis crispa* (69); *Xanthochrous cuticularis* (45).

Dans l'ensemble, les croissances se sont montrées plus lentes que sur le milieu gélosé témoin, à 2 % de maltea Moser. *Pholiota destruens* et *heteroclita* ont poussé difficilement, les trois *Dryodon* très lentement et incomplètement. *Fistulina hepatica* n'a manifesté aucun développement, malgré plusieurs essais. Cependant, quelques espèces ont produit sur le milieu au lait de Coco des fructifications analogues à celles observées d'autre part sur maltea à 2 % : *Mucidula mucida, Lentinus tigrinus, Leucoporus brumalis*; les carpophores observés se sont développés avec la même vitesse, quelle que soit la concentration en lait de Coco. D'autres cultures, par contre, qui fructifient aisément sur malt, sont restées stériles sur milieu au lait de Coco : *Collybia velutipes, Pholiota ægerita* et *adiposa*. Une seule espèce a fructifié plus aisément sur ce dernier milieu : *Mucidula mucida*. Sur lait de Coco *pur* gélosé, la croissance est apparue généralement très lente et n'a pas conduit à des fructifications.

Par contre, l'utilisation de la pulpe de noix de Coco, en tranches stéri-

(1) Les numéros correspondent aux souches de la Mycothèque du Muséum National d'Histoire Naturelle.

lisées, comme milieu de culture, a produit de remarquables cultures et conduit à des fructifications nettement plus robustes que sur maltea : tel a été le cas notamment de *Mucidula mucida*, *Lentinus tigrinus*, *Leucoporus brumalis*.

PHYSIOLOGIE VÉGÉTALE. — *Guérison de Dahlias atteints d'une maladie à virus*. Note (*) de MM. **Georges Morel** et **Claude Martin**, présentée par M. Raoul Combes.

Les diverses variétés de Dahlias cultivées sont très sensibles à certaines maladies à virus comme la Mosaïque du Dahlia, la Mosaïque du Concombre et le *Tomato spotted wilt*. La plus grave de ces maladies, la Mosaïque du Dahlia, cause de grands ravages dans les cultures. Les plantes atteintes présentent d'abord une panachure des feuilles qui affecte la forme de bandes claires le long des nervures principales, puis de taches jaunâtres sur le limbe. A un état plus avancé de la maladie, la plante présente un nanisme et un rabougrissement très prononcé, ainsi que des déformations du feuillage et des boutons à fleur qui la rendent impropre à la culture.

Cette plante étant fortement hétérozygote, elle n'est propagée que par voie végétative, ce qui a eu pour effet de répandre la maladie à tel point que la plupart des variétés actuellement cultivées sont en train de dépérir.

D'autre part, un certain nombre d'auteurs, parmi lesquels Samuel [1], Bawden et Pirie [2], Limasset et Cornuet [3], ont étudié la répartition de certains virus comme celui de la Mosaïque du Tabac à l'intérieur de la plante. Ils ont constaté que la teneur en virus diminue considérablement lorsqu'on passe d'une feuille adulte à une feuille jeune; à l'intérieur du bourgeon terminal elle est si faible qu'elle ne peut être déterminée par les tests les plus précis. Ceci amène à penser que le méristème apical doit être indemne de virus. S'il en est bien ainsi, il doit être possible, en prélevant aseptiquement le méristème apical de Dahlias malades et, en le cultivant *in vitro*, d'obtenir des plantes saines à partir de plantes malades.

Pour vérifier cette hypothèse, nous avons donc, au début de la végétation, disséqué des bourgeons terminaux de Dahlias de la variété « Rêve rose » fortement attaqués par le virus de la Mosaïque et prélevé aseptiquement les méristèmes apicaux, que nous avons mis en culture sur diverses solutions nutritives. Les fragments ainsi prélevés mesuraient environ 250 μ de long et possédaient ordinairement 2 ébauches de feuilles visibles. Le

(*) Séance du 17 novembre 1952.

(1) *Ann. Appl. Biol.*, **21**, 1934, p. 90.

(2) *Brit. J. Exp. Patho.*, **27**, 1946, p. 81.

(3) *Comptes rendus*, **228**, 1949, p. 1971.

milieu nutritif qui nous a donné les meilleurs résultats était composé de solution de Knop diluée de moitié et renfermait, en outre, 2 % de glucose et de l'extrait de levure Difco à la concentration de 0,5 gramme par litre.

Sur ce milieu, la croissance des méristèmes est très irrégulière. Tous les explantats commencent à s'accroître rapidement et en une semaine atteignent environ 1 mm de long, puis ils restent stationnaires pendant plusieurs semaines et occasionnellement l'un d'eux continue à se développer pour former une tige feuillée de 1 ou 2 cm, mais nous n'avons jamais observé la formation de racines. Pour obtenir des plantes entières, nous avons donc greffé ces pousses feuillées sur de jeunes plantes indemnes de virus cultivées en serre. Quand les greffons eurent atteint une dizaine de centimètres de long, ils furent bouturés et mis en pleine terre sous des cages permettant d'éviter les contaminations par les insectes.

Les plantes se sont développées normalement sans présenter aucun des symptômes du virus de la Mosaïque. A deux reprises, elles ont été testées sérologiquement et, les deux fois, les tests ont été négatifs. Nous pensons donc être parvenus de cette manière à éliminer le virus.

En résumé, ces expériences montrent qu'il est possible d'obtenir des plantes saines à partir de Dahlias atteints du virus de la Mosaïque. Nous cherchons actuellement à étendre cette technique à d'autres plantes, comme la Pomme de terre.

PHYSIOLOGIE VÉGÉTALE. — *La localisation des composés catéchiques phloroglucique dans les organes végétatifs du Pin maritime*. Note (*) de MM. **Roger David** et **Jack Masquelier**, transmise par M. Henri Devaux.

La présence de tanin a été signalée par divers auteurs, notamment par H. Devaux et A. Bargues ([1]) dans la région cortico-libérienne de la jeune tige de *Pinus Pinaster* et par P. Dangeard ([2]) dans les jeunes plantules de cette espèce. Tout récemment, J. Masquelier et G. Sansous ([3]) ont constaté que « l'écorce » (liber et rhytidome) du tronc contient un flavonol incolore, un leucoanthocyane de couleur jaune pâle à activité vitaminique P et ses produits de condensation : tannoïde et phlobaphène. Ces diverses substances à noyau phloroglucique n'ont été trouvées qu'à l'état

(*) Séance du 17 novembre 1952.

([1]) *Procès-verbaux de la Société des Sciences physiques et naturelles de Bordeaux*, 1925-1926, p. 174.

([2]) *Le Botaniste*, 15, 1923, p. 118.

([3]) *Bull. Trav. Soc. pharm. Bordeaux*, juin 1952.

de traces dans le bois du tronc de l'arbre. Elles ont une structure voisine de celle indiquée par Tayeau et Masquelier ([4]) pour les substances catéchiques des téguments des graines d'arachides. Nos travaux antérieurs ([3]), ([5]) nous ont amenés à préciser la localisation de ces substances dans les tissus des divers organes végétatifs du Pin maritime.

Pour cela, nous avons d'abord recherché leur présence par la vanilline chlorhydrique ([6]) qui colore tous ces composés en rouge, puis nous avons précisé leur nature (leucoanthocyane, tannoïde ou composés plus condensés) en traitant les coupes des organes par un solvant approprié ([7]). Dans certains cas, la solubilité de ces composés dans HCl rendant leur localisation difficile, par suite de la diffusion de la coloration rouge, nous les avons insolubilisés en traitant les coupes pendant 24 h par une solution alcoolique d'acétate de plomb ([8]).

Le leucoanthocyane étant de couleur jaune très pâle ne peut être décelé directement par l'examen histologique (après montage des coupes dans l'éther, le chloroforme ou le benzène dans lesquels il est insoluble) mais on peut l'observer très facilement après traitement par l'acétate de plomb qui accentue fortement la coloration jaune. Le tannoïde de couleur jaune rougeâtre, peut être observé après montage des coupes dans une solution saturée de ClNa qui dissout le leucoanthocyane. Enfin, on peut constater la présence de composés catéchiques plus condensés de couleur brunâtre après traitement des coupes par l'éther ou le chloroforme qui dissolvent le flavonol, puis par l'eau salée qui élimine le leucoanthocyane, et montage dans l'eau qui dissout le tannoïde.

Dans la racine de la jeune plantule, seul, le leucoanthocyane est présent dans la vacuole des cellules de l'assise pilifère ainsi que dans les cellules sécrétrices du cylindre central. Lorsque la racine possède des formations secondaires, la vacuole de certaines cellules du parenchyme cortical contient aussi le leucoanthocyane tandis que d'autres cellules possèdent le tannoïde; on trouve aussi le leucoanthocyane dans les cellules du parenchyme libérien. Le suber et notamment les cellules pierreuses contiennent des composés catéchiques phloroglucIques très condensés brun rougeâtre. Enfin, dans les rayons médullaires du bois, on observe la présence d'inclusions solides

---

([4]) *Comptes rendus*, 227, 1948, p. 602.

([5]) R. David, *Comptes rendus*, 234, 1952, p. 2637.

([6]) Solution à 1 % de vanilline dans HCl pur.

([7]) A cause de sa très faible concentration et de sa relative instabilité, il ne nous a pas été possible de déceler le flavonol par une technique histochimique.

([8]) Acétate de Pb : 5 g; eau distillée : 50 cm³; alcool à 95° : 50 cm³.

On lave soigneusement les coupes à l'eau avant de les traiter par la vanilline chlorhydrique pour éviter la formation d'aiguilles de $PbCl_2$.

peu colorées, à peu près insolubles dans l'eau salée, l'eau distillée et l'alcool, devenant jaune plus ou moins foncé avec l'acétate de plomb et rouge foncé par la vanilline chlorhydrique; il s'agit donc de composés catéchiques phloroglucіques assez condensés.

Les cellules épidermiques et quelques cellules hypodermiques de l'axe hypocotylé de la plantule ainsi que les cellules sécrétrices du cylindre central contiennent du leucoanthocyane. Cette substance se retrouve dans les cellules corticales de la tige d'un an dont les cellules épidermiques et sous-épidermiques contiennent des composés catéchiques insolubles très condensés. Un an plus tard, on retrouve les mêmes composés localisés de la même manière, mais, de plus, le leucoanthocyane est nettement décelable dans quelques cellules du parenchyme libérien; d'autres cellules corticales ainsi que quelques cellules de la moelle contiennent le leucoanthocyane. Le nombre des cellules corticales contenant cette substance ou du tannoïde augmente encore par la suite; ainsi au bout de 4 ans la plupart des cellules du parenchyme cortical contiennent le leucoanthocyane, d'autres possèdent le tannoïde. A ce moment, dans les cellules libériennes, il existe très peu de tannoïde, mais surtout du leucoanthocyane.

Chez l'arbre d'une quarantaine d'années, les cellules du parenchyme libérien possèdent un peu de leucoanthocyane et beaucoup de tannoïde; elles contiennent seulement un peu de phlobaphène (soluble dans l'alcool bouillant). Il semble bien qu'une même cellule du parenchyme libérien soit capable de synthétiser ces divers composés catéchiques : leucoanthocyane, tannoïde, phlobaphène. Le suber, les rayons médullaires du bois et certaines cellules du parenchyme ligneux entourant les canaux sécréteurs, contiennent des composés catéchiques très condensés.

Dans l'aiguille, nous n'avons décelé que le leucoanthocyane; l'épiderme et l'hypoderme en contiennent; on en trouve aussi dans la vacuole de la plupart des cellules du parenchyme chlorophyllien, dans les cellules de soutien et les cellules sécrétrices des canaux sécréteurs, dans quelques cellules de l'endoderme, dans certaines cellules du tissu de transfusion, dans quelques cellules péridesmiques et enfin dans certaines cellules des rayons médullaires de la méristèle. Nous n'avons donc observé dans aucun tissu la présence de tannoïde ni de composés catéchiques plus condensés.

En résumé, le parenchyme cortical de la tige et les grandes cellules du parenchyme libérien paraissent bien former d'abord le leucoanthocyane puis le tannoïde et il est fort probable que le flavonol soit la substance mère de ces composés. Il en serait de même dans l'écorce de la racine. Le suber et notamment les cellules pierreuses contiennent des composés très condensés. Des inclusions analogues se trouvent aussi dans les rayons médullaires du bois. Enfin, il est curieux de constater que l'aiguille ne contient pas de tannoïde, ni de composés plus condensés.

PHYSIQUE VÉGÉTALE. — *Action prolongée de l'eau et des acides naphthylacétique et indolacétique sur l'appareil stomatique isolé.* Note de M. **Igor Mouravieff**, présentée par M. Roger Heim.

L'action prolongée de l'eau et des acides naphthylacétique et indolacétique sur l'appareil stomatique isolé provoque une courbure anormalement forte des cellules stomatiques traduisant une importante hydratation en rapport avec la lyse de l'amidon et les changements d'élasticité membranaire.

Certaines recherches (1), (2) ont confirmé récemment que l'immersion prolongée de disques de Pomme de terre dans des solutions aérées de composés à action phytohormonale provoque une absorption « non osmotique » de l'eau.

Ces constatations rendent particulièrement intéressante l'étude de l'action de ces substances sur les cellules stomatiques. Les réserves amylacées sont facilement contrôlables et l'absorption ou l'élimination de l'eau se traduit par une variation du diamètre des stomates isolés, ce qui permet de vérifier par des méthodes différentes les résultats obtenus sur les disques de Pomme de terre.

Les stomates fermés et isolés d'*Aponogeton distachyus* et de *Vicia Faba* sont placés à l'obscurité sur des solutions d'acide naphthylacétique (ANA) et d'acide indolacétique (AIA), à la température de 27° C, pour 48 h. On a mesuré la largeur de l'appareil stomatique et de l'ostiole, avant et à la fin de l'expérience. La valeur osmotique a été déterminée par la méthode plasmolytique au début et à la fin de l'expérience. Les résultats sont résumés dans le tableau ci-contre.

Nos recherches montrent que l'ANA comme l'AIA sont toxiques pour les stomates isolés. Mais, à 3 mg, les stomates montrent une notable augmentation du diamètre, qui peut atteindre 40 % chez *Aponogeton distachyus*, et davantage chez *Vicia Faba*. Certains stomates se sont tellement élargis qu'ils ont pris la forme de deux fers à cheval opposés par leurs bouts. En même temps, il se produit une forte réduction de l'amidon dans les stomates et la valeur osmotique a notablement baissé. Le séjour des stomates dans l'eau distillée pendant 48 h provoque également une augmentation du diamètre des stomates, une réduction de l'amidon et un abaissement de la valeur osmotique.

Comme avec les disques de Pomme de terre, l'absorption de l'eau se fait seulement après les premières 24 heures. Si l'expérience est prolongée, les stomates meurent dans les hétéroauxines. Cependant, les cellules sto-

(1) L. Brauner et M. Hasman, *Bull. Fac. Med. Istanbul*, 12, 1949, p. 57-71.

(2) D. P. Hackett, *Plant Physiol.*, 27, 1952, p. 279-284.

matiques meurent « en extension », ce qui dénote une modification irréversible de l'élasticité de la membrane.

Plante.	Durée de l'expérience (h).	Concentration des solutions (mg/l).	Variations en % du diamètre de l'appareil stomatique.	Variations de la teneur en amidon des cellules stomatiques.	Plasmolyse limite en molécules de glucose. Au début.	A la fin.
Aponogeton distachyus.	16	10	—	—	—	—
	5	10	0	0	0,72	0,72
	16	5	0	0	»	—
	48	5	+ 40 (*)	Disparition ou traces	»	0,25
	48	3	+ 40 (*)	Id.	»	»
	48	Eau distillée	+ 25-30 (**)	Id.	»	»
Vicia Faba.	48	5	—	—	—	—
	16	5	0	0	0,75	0,75
	48	3	+ 60 (*)	Forte diminution	»	0,33
	48	Eau distillée	+ 50-60 (**)	Id.	»	»

(*) Nombreux stomates en « fer à cheval ».
(**) Quelques stomates en « fer à cheval ».

Nos recherches confirment les résultats des expériences sur les tissus de réserve. On pourrait alors représenter théoriquement l'absorption de l'eau provoquée par ces substances, dans le cas des cellules stomatiques, par le même schéma que celui proposé pour les tissus de réserve. Sous l'action des hétéroauxines, qui se manifeste au bout de 24 h, la vitesse de la lyse de l'amidon est activée. Il se produit un appel d'eau de l'extérieur et une augmentation du diamètre des stomates, facilitée par un relâchement de la pression membranaire. Mais les sucres formés sont utilisés rapidement dans le métabolisme respiratoire intensifié ([3]), la valeur osmotique baisse notablement, tandis que l'eau rentrée dans les cellules stomatiques continue à s'y maintenir, n'étant pas attirée vers l'extérieur. Il en résulte que l'augmentation du diamètre et l'abaissement de la valeur osmotique sont retrouvés à la fin de l'expérience.

BIOCHIMIE VÉGÉTALE. — *Sur le flavonoside des fruits du* Paliurus aculeatus *Lamk.* Note de M. **René Paris**, présentée par M. René Souèges.

Des fruits du *Paliurus aculeatus* Lamk a été séparé un hétéroside cristallisé de la série flavonique, donnant par hydrolyse, d'une part, une génine ayant les caractères du quercétol et, d'autre part, des sucres, rhamnose et glucose. Cet hétéroside a été identifié par ses propriétés physiques et chimiques au rutoside.

([3]) L. Anker, *Konink. Nederl. Akad. Weten.*, Sect. Sc., 54, 1951, p. 525.

Au cours de recherches systématiques sur la répartition des dérivés flavoniques chez les végétaux, nous avons pu caractériser ces pigments chez diverses Rhamnacées et notamment chez le Paliure (*Paliurus aculeatus* Lamk = *Rhamnus Paliurus* L.) encore dénommé Épine du Christ. Il s'agit d'un arbrisseau de la région méditerranéenne dont le fruit sec, soudé au réceptacle et entouré d'une aile transversale formée par la base élargie du style, est tout à fait caractéristique. Ces fruits sont utilisés en médecine populaire comme diurétiques.

Peu de travaux chimiques ont été effectués sur cette espèce. Maurin en 1928 (1) signale la présence dans l'écorce de la tige de 0,95 % de dérivés anthracéniques. Cependant dernièrement, notre travail étant en cours, A. Ronchèse et M. Fiquet (2) ont obtenu, à partir des fruits, un glucoside vrai de F 194°, de poids moléculaire voisin de 450 donnant la réaction de la cyanidine, et pour lequel ils ont proposé le nom de paliuroside. Dans une deuxième communication (3), les mêmes auteurs ayant constaté que la génine était identique au quercétol identifient le paliuroside à l'isoquercitroside. Nos conclusions sont différentes.

Nous avons tenté l'extraction des dérivés flavoniques à partir des fruits et des feuilles. Le meilleur procédé consiste à traiter les organes végétaux par l'alcool bouillant (une seule fois et sans broyage ultérieur), à concentrer sous pression réduite et à reprendre immédiatement l'extrait alcoolique par l'eau bouillante après dégraissage au chloroforme. Au bout de quelques jours apparaissent, peu à peu, dans le cas des fruits, des masses cristallines jaune soufre. Le rendement est beaucoup plus élevé chez les fruits verts (0,15 %). Avec les feuilles nous n'avons obtenu qu'un dépôt amorphe jaune brun. Après redissolution dans l'eau bouillante ou l'alcool à 50° on obtient un produit jaune pâle, cristallisé en aiguilles, se ramollissant à 198° et fondant avec décomposition à 208-210° (bloc Maquenne). Cette substance perd 4,7 % d'eau à 100° et 7,34 % à 130°; elle est lévogyre $\alpha_D (c = 1\ \%) = -13° \pm 3$ (alcool à 60°) et $-40° \pm 3$ (pyridine + 10 % d'eau) peu soluble dans l'eau froide, plus soluble à chaud, soluble dans le méthanol, l'alcool isopropylique, la pyridine et les solutions alcalines, insoluble dans le benzène, le chloroforme, l'éther. Elle présente les réactions colorées des dérivés flavoniques : teinte jaune foncée en milieu alcalin disparaissant en milieu acide, fluorescence jaune en milieu sulfurique, coloration verte avec le perchlorure de fer, bleue avec le réactif de Folin et Denis. L'obtention d'une teinte rouge avec le magnésium et l'acide chlorhydrique (réaction de la cyanidine), d'une coloration jaune orangé

---

(1) *Bull. Sc. pharmacol.*, 35, 1928, p. 236.
(2) *Ann. pharm. fr.*, *C. R. Acad. de Pharm.*, Paris, séance du 2 avril 1952 (à paraître).
(3) *Ann. pharm. fr.*, *C. R. Acad. de Pharm.*, Paris, séance du 5 nov. 1952 (à paraître).

avec le pentachlorure d'antimoine en milieu chloroformique (réactif de Marini), d'une fluorescence jaune verdâtre avec le réactif citroborique de Wilson en milieu acétonique anhydre, montrent qu'il s'agit d'un flavonol. Ce pigment devient réducteur après ébullition avec un acide minéral; il s'agit donc d'un hétéroside. Après chauffage de 4 h au bain-marie bouillant, en solution à 1 % dans de l'acide sulfurique à 3 %, on obtient 43,4 % d'aglycone insoluble de F 310-312°, ne comportant ni groupement méthoxyle, ni groupement méthylène-dioxy. La teneur en hydroxyle acétylable est de 25 % (correspondant à 5 hydroxydes), le dérivé pentaacétylé fond à 192-194°; cet aglycone se colore en vert-brun par le perchlorure de fer : il s'agit du quercétol. Le filtrat d'hydrolyse est réducteur, dextrogyre, présente à la fois la réaction des hexoses et des méthylpentoses; il fournit deux ozasones : l'une cristallise en oursins, soluble dans l'acétone, l'autre en branche de Genêt, insoluble dans l'acétone. La chromatographie sur papier permet de caractériser le glucose et le rhamnose, fait en accord avec la teneur en aglycone, la présence de deux osazones, le faible pouvoir rotatoire du filtrat. Ces sucres existent sous la forme d'un bioside combiné à l'hydroxyle en position 3 du quercétol. En effet, si l'on hydrolyse l'hétéroside préalablement méthylé, on obtient une génine correspondant à un tétraméthylquercétol, présentant une forte fluorescence en lumière de Wood, fluorescence due à l'hydroxyle en 3 non méthylé puisque lié au sucre avant l'hydrolyse. D'après tous ces caractères et surtout d'après la présence non seulement de glucose, mais aussi de rhamnose, nous croyons que le flavonoside du *Paliurus aculeatus* doit être identifié, non à l'isoquercitroside comme l'ont préconisé A. Ronchèse et M. Fiquet, mais au rutoside, hétéroside très répandu dans le règne végétal [4].

BIOCHIMIE VÉGÉTALE. — *Les glucides des semences de Crucifères.* Note de M. **Robert Duperon**, présentée par M. Raoul Combes.

Les semences de Crucifères peuvent contenir des quantités relativement importantes de glucides solubles, constituées le plus souvent (18 sur 20 espèces ou variétés étudiées) par un mélange de saccharose, de stachyose et raffinose. Les hétérosides sulfurés semblent avoir une répartition très générale. L'amidon ne se rencontre qu'exceptionnellement et seulement à l'état de traces.

Les Crucifères forment une famille remarquablement homogène et très caractérisée. Aux particularités morphologiques s'ajoutent des caractéristiques biochimiques telle la présence de nombreuses essences sulfurées. Ces dernières peuvent se trouver combinées au glucose sous forme d'hétérosides (thiohétérosides), généralement accompagnés de l'hydro-

---

(4) *Ann. pharm. françaises*, 7, 1949, p. 21.

lase correspondante : la myrosinase. En outre, les semences de ces végétaux renferment, en grande quantité, une huile riche en un glycéride particulier : l'érucine. A côté des lipides et des hétérosides sulfurés, elles contiennent aussi des sucres, jusqu'ici peu étudiés. Nous nous proposons ici d'examiner la nature de ces glucides.

Deux sortes de techniques ont été utilisées : 1° Dosage des glucides par les méthodes biochimiques classiques (Bourquelot, Bridel); 2° Chromatographie de partage sur papier (Partridge) des extraits obtenus à partir des semences.

Les dosages bio-chimiques révèlent dans toutes les espèces ou variétés examinées la présence de faibles quantités de sucre réducteur libre. L'invertase, ajoutée aux extraits aqueux, libère une importante quantité de réducteur et provoque un changement dans les propriétés optiques de la solution (déviation polarimétrique gauche). L'indice de réduction enzymolytique est généralement inférieur à celui du saccharose (620). L'action prolongée de l'émulsine, après celle de l'invertine, se traduit par une nouvelle apparition de sucres réducteurs et une accentuation de la déviation polarimétrique vers la gauche. Comme l'ont montré Bourquelot et Bridel (1) et Vintilesco (2), ces phénomènes laissent supposer la présence d'holosides complexes, tels le stachyose et le raffinose. Enfin, l'utilisation de la poudre fermentaire renfermant la myrosinase provoque, dans presque tous les cas étudiés, une libération de sucre réducteur et un retour du pouvoir rotatoire vers la droite montrant ainsi l'existence d'hétérosides sulfurés.

La chromatographie sur papier des extraits aqueux, concentrés, confirme et précise les données précédentes en permettant l'identification des sucres présents.

On obtient ainsi les résultats ci-après.

Toutes les semences des espèces ou variétés étudiées contiennent du saccharose. Dans la presque totalité des cas (18 sur 20 examinés) ce diholoside est accompagné du stachyose (tétraholoside) et du raffinose (triholoside). Bien qu'il soit impossible de doser avec précision chacun des sucres du mélange, les méthodes utilisées permettent néanmoins de les ordonner selon leur abondance relative (de gauche à droite dans le tableau) : le saccharose est toujours le plus abondant, puis viennent, dans l'ordre, le stachyose et le raffinose; ce dernier n'existant parfois qu'à l'état de traces (*Iberis umbellata*, *Erysimum Perofskianum*, *Brassica campestris* (navette), *Lunaria annua*, *Sinapis alba*). Toutefois, chez *Capsella bursa pastoris*, ces deux derniers sucres se présentent dans un ordre inverse : les semences sont

(1) *J. pharm. et chimie*, 30, 1909, p. 162.
(2) *J. pharm. et chimie*, 30, 1909, p. 167.

plus riches en raffinose qu'en stachyose. Enfin deux des espèces étudiées ne possèdent que du saccharose; ce sont *Arabis alpina* et *Diplotaxis tenuifolia*.

	Holosides classés selon leur abondance relative (de gauche à droite). S. = Saccharose. St. = Stachyose. R. = Raffinose.	Teneurs en glucides solubles (exprimées en grammes de glucose pour 100 g de graines). Holosides totaux.	Glucides solubles totaux.
Sisymbrium officinale	S. St. R.	3,6	5,5
Brassica oleracea var. *acephala*	S. St. R.	3,9	5,6
Brassica napus var. *oleifera* (colza)	S. St. R.	3,6-3,9	4,5-5
Brassica napus var. *esculenta*	S. St. R.	4,4	5,7
Brassica campestris var. *navette*	S. St. R.	4,3	6,5
Nasturtium officinale	S. St. R.	4,4	6,3
Lepidium ruderale	S. St. R.	3,4	7,1
Lepidium sativum	S. St. R.	5,3	7,7
Cochlearia armoricia	S. St. R.	4,0	6-7
Sinapis alba	S. St. R.	4,0	7,8
Capsella bursa pastoris	S. St. R.	2,4	4,2
Iberis umbellata	S. St. R.	6,8	10,6
Cheiranthus cheiri var.	S. St. R.	7-7,5	10-12,4
Erysimum Perofskianum	S. St. R.	3,9	6,6
Lunaria annua	S. St. R.	3,9	7,4
Raphanus sativus var.	S. St. R.	4-4,7	5,8-6,8
Arabis bellidifolia	S. St. R.	3,7	7,3
Arabis alpina	S.	–	–
Diplotaxis erucoides	S. St. R.	–	–
Diplotaxis tenuifolia	S.	2,5	3,8

Ainsi, le plus souvent, les glucides solubles des semences de Crucifères comprennent un mélange de trois holosides auquel s'ajoutent de faibles quantités d'hexoses.

D'autre part, les hétérosides sulfurés se rencontrent chez les différentes espèces ou variétés examinées sauf peut-être chez *Diplotaxis tenuifolia* et *Brassica napus* (Colza) où ils doivent s'y trouver, s'ils existent, en quantité infime.

Les résultats des dosages montrent encore que l'ensemble des glucides solubles (sucre réducteur libre, holosides, hétérosides) peut atteindre un pourcentage important du poids de la graine (*Cheiranthus cheiri* de 10 à 12 % selon l'origine des graines, *Iberis umbellata* 10,6 %).

Enfin, l'amidon ne se rencontre qu'exceptionnellement et seulement à l'état de traces.

ANATOMIE COMPARÉE. — *Développement et interprétation de l'*Insula *cérébrale des Singes* (Cercopithecidæ), *au cours de l'ontogénie.* Note de M[lle] **Madeleine Friant**, présentée par M. Émile Roubaud.

L'étude, au point de vue cérébral, d'une série de fœtus de Semnopithèque permet à l'auteur de préciser l'étendue de l'*Insula* chez les Singes inférieurs : cette région correspond à la partie du Territoire central située en avant de la *Pseudosylvia.*

Le cerveau (télencéphale) des Primates (le *Chiromys* excepté) et de l'Homme lui-même possède une partie de son manteau néopalléal qui, enfoncée en profondeur, constitue l'*Insula* ou Ile de Reil. L'interprétation de l'*Insula* des Primates et des Singes, en particulier, est extrêmement difficile, parce que le développement de cette région est peu connu, en dépit des travaux de D. J. Pol Hulshoff (1916, 1917), de R. Anthony (1920) et de F. Coupin (1925).

Au *Prosectorium* du Jardin Zoologique de Londres, j'ai étudié, chez M. le Professeur W. C. Osman Hill, une série de stades de l'ontogénie cérébrale du Semnopithèque (*Semnopithecus priamus* Blyth), qui me permettent d'interpréter l'*Insula* des Singes inférieurs de l'Ancien Monde (*Cercopithecidæ*) [1].

Vers le *milieu de la vie fœtale* (durée de la gestation : six mois et demi, environ), le cerveau, sur sa face externe (*fig.* A), présente une indication très nette de la Fosse sylvienne, limitée, en avant, par la *Suprasylvia* (S.) (Circulaire supérieur de Reil), en arrière, par : la *Pseudosylvia* (Ps.) et, au-dessus d'elle, un sillon de néoformation qui rejoint presque le sommet de la *Suprasylvia*; je le nomme *Sulcus reuniens posterior* : il constitue, ici, avec la *Pseudosylvia*, le Circulaire postérieur de Reil, qui n'est pas identifiable, d'ailleurs, à celui de l'Homme.

La région limitée par le Circulaire supérieur et le Circulaire postérieur de Reil constitue l'*Insula*, encore visible en surface, à ce stade.

Le Parallèle (pa.) (*Postsylvia*), ébauché, toujours superficiel chez les Primates, limite, avec la *Suprasylvia*, le Territoire central du *Neopallium*.

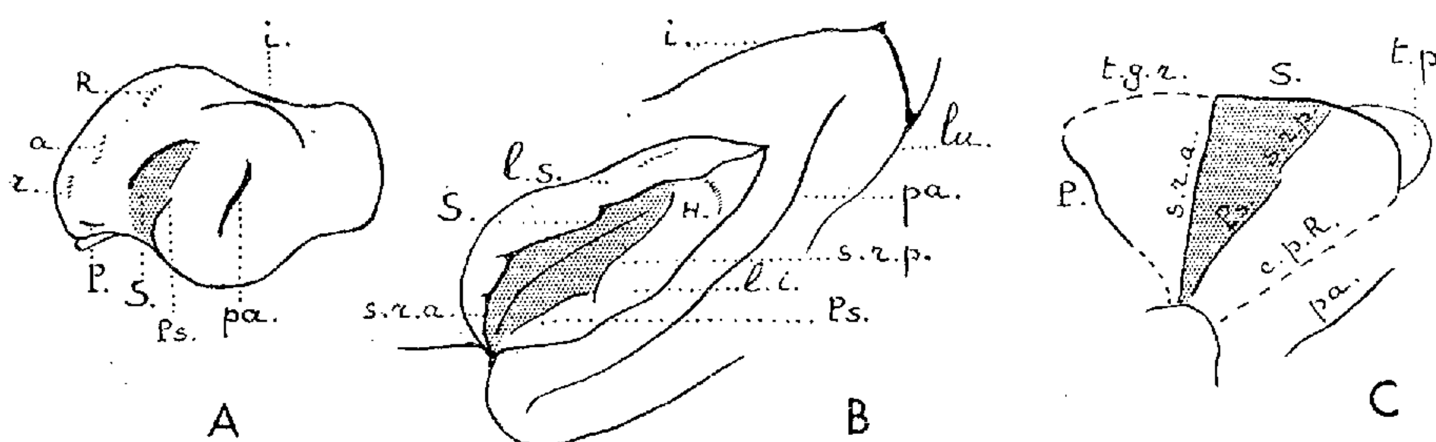
Dans les stades suivants, la Fosse sylvienne s'accuse, puis se ferme et devient « Scissure de Sylvius » (Complexe sylvien) vers les deux tiers de la gestation : l'*Insula* se trouve, alors, operculisée en entier.

A la naissance, le cerveau est comparable à celui de l'adulte, quant à ses sillons. Après écartement des lèvres de la Scissure de Sylvius (*fig.* B),

---

(1) Les fœtus étudiés, ici, ont presque tous été décrits, au point de vue de leurs caractères extérieurs, par le Professeur W. C. Osman Hill, *Ceylon J. Sc.* (B), **20**, (2), 1937, p. 211.

l'*Insula* apparaît en profondeur. En avant, elle est encore limitée par la *Suprasylvia* prolongée, maintenant, vers le bas, par un sillon de néoformation que je nomme le *Sulcus reuniens anterior* : avec la *Suprasylvia*, il forme le Circulaire supérieur de Reil. Vers l'arrière, l'*Insula* est limitée, comme dans les stades moins avancés, par le Circulaire postérieur de Reil que constituent la *Pseudosylvia* et, vers le haut, le *Sulcus reuniens posterior*, qui ne la rejoint pas. Sur l'*Insula*, qui affecte une forme d'amande, un faible sillon axial est apparu : il fait partie du groupe des sillons radiaires du *Neopallium*, particuliers aux Primates (²).



A et B. *Semnopithecus priamus* Blyth *thersites* Tennent, de Ceylan. — Collection de M. le Professeur W. C. Osman Hill. *Prosectorium* du Jardin Zoologique de Londres. Cerveaux. L'*Insula* est en grisé. A. Fœtus n° P. E. 21 ♂. Face externe gauche. G. N. — B. Nouveau-né n° P. E. 18 ♂. *Insula* du côté gauche, après écartement des lèvres, supérieure (*l. s.*) et inférieure (*l. i.*), du Complexe sylvien. Un peu plus de G. N. — C. Schéma de la région operculisée du cerveau humain (*Insula* et Territoire temporo-pariétal, *t. p.*), où est figurée, en grisé, l'étendue de l'*Insula* des Singes (*Cercopithecidæ*). *a. Sulcus arcuatus.* — *c. p. R.* Circulaire postérieur de Reil du cerveau humain. — H. *Gyri* de Heschl. — *i.* Intrapariétal = Latéral. — *lu. Sulcus lunatus.* — P. *Præsylvia* = Circulaire antérieur de Reil du cerveau humain. — *pa.* Parallèle = *Postsylvia.* — *Ps. Pseudosylvia.* — *r. Sulcus rectus* = Coronal. — R. Sillon de Rolando. — S. *Suprasylvia.* — *s. r. a. Sulcus reuniens anterior.* — *s. r. p.*, *Sulcus reuniens posterior.* — *t. g. r. Sulcus transversus gyri reunientis* du cerveau humain.

Le développement cérébral montre, en somme, que l'*Insula* du Semnopithèque et des *Cercopithecidæ*, en général, correspond à la région du territoire central située en avant de la *Pseudosylvia*, c'est-à-dire au bras antérieur des *Gyri arcuati* 1 et 2, l'*Ectosylvia* étant effacée, ici, comme chez tous les Primates. L'*Insula* de ces Singes est donc beaucoup moins étendue que celle de l'Homme (³), qui comporte, en outre (*fig.* C) : vers l'avant : le *Gyrus reuniens* tout entier; vers l'arrière : l'*Insula postérieure* de l'Anatomie humaine, formation qui semble constituée par le bras postérieur du *Gyrus arcuatus* 1 et d'une partie du *Gyrus arcuatus* 2.

(²) En 1940, j'avais supposé, d'après l'anatomie cérébrale des adultes, que le sillon axial de l'*Insula* des *Cercopithecidæ* était la *Pseudosylvia* : l'étude de l'évolution ontogénique nous révèle qu'il s'agit seulement d'un sillon radiaire.

(³) M. Friant, *Anatomie comparée du cerveau*, Paris, Prisma, 1947, p. 27 et suiv.; *pl.* 28 et suiv.

ZOOLOGIE. — Acteon tornatilis *L. et sa « radula »*.
Note de Mme **A. Pruvot-Fol**, présentée par M. Louis Fage.

L'importance systématique de l'Actéon est bien connue de tous les malacologistes, ainsi que les déplacements qu'il a subis dans la classification. Il a été étudié, par conséquent, par les meilleurs spécialistes. Mais il est un de ses organes qui n'avait que peu servi à le situer : c'est son bulbe buccal. Je ne connais que trois figures représentant ses dents, et ces trois figures se ressemblent aussi peu que possible. Pourtant, toutes trois me paraissent exactes, et je tenterai de dire pourquoi elles diffèrent tant.

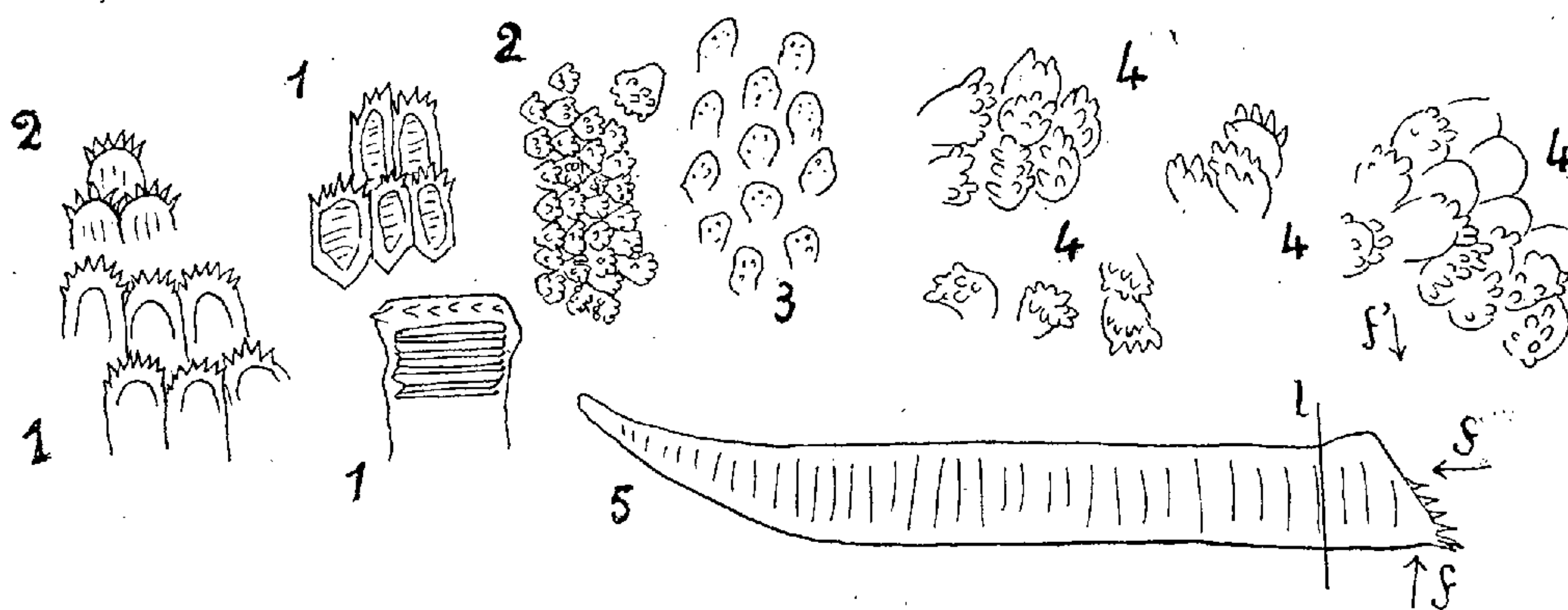
C'est à Miss V. Fretter que je dois d'avoir pu disséquer deux échantillons de ce Mollusque, que jusqu'ici, je n'avais pu étudier, échantillons destinés à ses propres études. Tout ce qui avait été dit sur la « radula », ses dents, excessivement petites, et de caractère tout à fait aberrant, avait attiré mon attention; j'ouvris donc le bulbe buccal dorsalement pour l'étaler et cherchai la radula à sa place habituelle, dans sa partie ventrale postérieure : elle ne s'y trouvait pas. Dans la partie antérieure, ventrale, par contre, se trouvait une zone recouverte d'un pavage de quelques centaines au moins de minuscules écailles contiguës, et dont le nombre est difficile à évaluer, la préparation n'étant pas parfaitement plane, et un assez fort grossissement étant indispensable pour les apercevoir.

Isolés, quelques-uns de ces petits éléments m'ont présenté un aspect familier, rappelant, en miniature, les éléments des mâchoires de *Pleurobranchæa*, les écailles du bord dit « masticateur » de *Scyllæa pelagica*, et d'autres formations analogues; tous éléments appartenant à des mâchoires et non à des « radulas »; et c'est aussi la place d'une mâchoire ventrale qu'occupe ce pavage.

Outre l'emplacement qu'elles occupent, ces deux formations diffèrent essentiellement par le fait que les mâchoires sont produites sur une surface, et que chacun de leurs éléments, qu'ils soient agglomérés en une masse ou qu'ils restent indépendants, est produit par une seule cellule du tégument interne du bulbe. Ces éléments sont en forme d'épines, de bâtonnets, de pavés, de coins, etc., et, vus par leur face libre, ont plus ou moins l'aspect d'écailles, même lorsque l'élément est allongé en forme de coin, comme chez le *Pleurobranchæa*. Ici, chez l'Actéon, la face porte de petits tubercules ou aspérités plus ou moins arrondies ou aiguës, en nombre variable, de trois ou quatre à neuf ou dix; généralement, plus pointus au bord de la face et plus arrondis en tubercules au centre.

Je crois que les différents points de vue auxquels se sont placés les dessinateurs peuvent expliquer les différences d'aspect de leurs dessins. Ils ont vu ces petits objets, dont l'observation est très délicate à cause de leur petitesse, sous des angles divers, comme le montre le schéma joint : (*fig.* 4).

Il ne me semble guère douteux que la prétendue radula de l'Actéon ne soit une mâchoire très rudimentaire. En pourra-t-on tirer quelque conclusion au sujet de la place systématique de ce Mollusque ? Cela n'est



1. Divers aspects des éléments de la mâchoire de *Pleurobranchæa meckeli* Leue. Facettes vues du côté interne du bulbe buccal, d'après des dessins de R. Bergh et de A. Vayssière. — 2. Écailles du « bord masticateur » de la mâchoire de *Scyllæa*. — 3. Écailles de l'anneau labial d'*Acanthodoris Glosa*. — 4. Quelques-uns des éléments de la prétendue radula de l'Actéon. — 5. Un élément de la mâchoire de *Pleurobranchæa*, vu de profil. Une flèche, *f*, montre la manière de représenter la dent d'Actéon, par V. Fretter; la flèche *f'* indique le point de vue de Sars, et la ligne 1, environ le lieu où passe la coupe représentée par M. Prenant et A. Gabe (1952), selon mes suppositions.

pas sûr; cependant peut-être cela le fait-il reculer à une antiquité plus grande que celle qui lui a été parfois assignée. Car nous ne savons pas au juste à quel moment la radula s'est différenciée de mâchoires ventrales, qui ont dû la précéder historiquement, et dont elle est peut-être une partie postérieure détachée produite dans une évagination de la paroi du bulbe. Ici chaque dent est toujours produite par une association de cellules ou odontoblastes. Mais ce sont bien actuellement des formations différentes, qui peuvent coexister chez un même animal, ou se remplacer l'une l'autre, ou manquer toutes les deux, comme nous en connaissons des cas chez les Opisthobranches. Il n'a pas été tenu compte suffisamment jusqu'ici de leur différence, ainsi que je l'ai déjà montré chez la Janthine; il peut être utile d'attirer l'attention sur cette distinction, mais une étude de cette question ne peut faire le sujet d'une très courte Note.

BIOLOGIE EXPÉRIMENTALE. — *Le développement embryonnaire, larvaire et la croissance pondérale du Phasme* (Clonopsis gallica *Charp.*). Note (*) de M. **André Voy**, présentée par M. Pierre-P. Grassé.

La ponte saisonnière de *Clonopsis gallica* Charp. montre, entre son début et sa fin, une variation du simple au double de la durée du développement embryonnaire; celui-ci subit une diapause seulement rompue par le froid. La vie larvaire comporte quatre âges ou intermues dans le cycle desquelles la croissance pondérale permet la distinction de trois phases à taux inégal (post-exuviale, moyenne, pré-exuviale).

Ponte et vie embryonnaire. — La vie de *Clonopsis gallica* Charp. est uniquement saisonnière : les jeunes larves éclosent au début du printemps (mars-avril) et après 4 âges larvaires ou intermues dont la durée totale n'excède pas 2 mois, deviennent adultes 15 jours environ après la 5e mue (imaginale) et pondent ensuite régulièrement pendant près de 4 mois en observant un jour de repos tous les 4 ou 5 jours; les œufs pondus au début de l'été (juin-juillet) éclosent au début du mois d'avril de l'année suivante, tandis que ceux de fin de saison (août-septembre) n'éclosent qu'au printemps de la 2e année. La durée du développement embryonnaire oscille donc entre 10-11 mois pour les premiers et entre 20-22 mois pour les seconds.

Par exemple, une ponte de plus de 400 œufs a été divisée en 4 lots.

Le 1er conservé d'abord à 18°C a été ensuite soumis à une température de 2°-4° pendant 15 jours au début de janvier, puis ramené à la température ambiante.

Le 2e, traité de la même façon a subi l'épreuve du froid fin février.

Le 3e a été abandonné dans une pièce chauffée par intermittence où la température nocturne pouvait descendre jusqu'à 0°C.

Le 4e, enfin, a été maintenu en permanence à 18°C.

Dans les trois premiers lots, le nombre des éclosions a été sensiblement le même : 25 % au début d'avril de la 1re année (œufs du début de l'été), 75 % en mars-avril de la 2e année (œufs de la fin de l'été).

Enfin, le quatrième lot n'a fourni aucune larve, aussi bien la 1re que la 2e année, ce qui montre bien l'action nécessaire du froid pour rompre la diapause.

Vie larvaire. — Elle comporte, quelle que soit la date de l'éclosion, cinq mues délimitant quatre âges ou intermues d'une durée moyenne (1)

(*) Séance du 17 novembre 1952.

(1) Moyenne établie dans chaque cas sur une vingtaine d'individus d'un même élevage dans des conditions bien définies de température, humidité, nourriture qui seront précisées dans un Mémoire ultérieur.

de 17 jours pour les deux premiers âges, 15 jours pour les deux derniers; la durée de la première partie de la vie imaginale (précédant la ponte) ne dépasse pas non plus 15 jours. Au cours de ces différents stades, le poids moyen passe successivement de 2,78 mg à l'éclosion (1re mue) à 9,18 mg (2e mue), à 27 mg (3e mue), à 78 mg (4e mue), à 207 mg (5e mue) pour atteindre finalement 495 mg chez l'adulte. En gros, le poids triple à chaque mue; la croissance est donc beaucoup plus rapide que chez *Carausius morosus* Br. dont la vie larvaire s'étend sur six âges et dont le poids double seulement à chaque mue. La vie adulte de *Clonopsis* dure un peu plus de 100 jours; tous les individus élevés meurent au début de l'automne.

Croissance pondérale. — Étudiée par des pesées quotidiennes, elle a permis d'élucider (comme dans le cas de *Carausius* [2]) les relations susceptibles d'exister entre les diverses parties de la courbe de croissance (log. poids/temps) et les périodes successives de l'intermue.

Les pesées d'individus isolés d'un élevage soumis aux conditions définies plus haut étaient effectuées tous les matins de bonne heure, les individus muant toujours la nuit.Les poids moyens ont été calculés sur des séries d'au moins dix individus de même intermue.

1re, 2e, 3e, 4e *âges larvaires.* — Le graphique log. poids/temps permet de découper une intermue quelconque de la vie larvaire en trois phases successives : la 1re (post-exuviale) définie par un taux d'accroissement pondéral élevé, toujours courte (2 à 4 jours suivant la longueur de l'intermue) paraît correspondre au remplissage du tube digestif vidé lors de l'exuviation.

La 2e (moyenne), avec un taux d'accroissement moindre, la plus longue, oscille entre 10 et 12 jours; elle correspond à la croissance proprement dite; la droite la représentant est parallèle à celle joignant les points figuratifs des mues.

La 3e (pré-exuviale), courte (2 à 4 jours), définie par une diminution régulière de poids précédant la mue correspond au vidage du tube digestif. L'exuviation qui la termine est marquée par une chute brusque de poids.

Les graphiques individuels offrent, malgré quelques irrégularités, une allure comparable à celle des graphiques de moyennes; celles-ci sont d'autant plus faibles que la croissance est plus rapide (intermues courtes), ce qui tendrait à prouver que les intermues longues sont dues à des anomalies dans la croissance. Pour des intermues égales, quel que soit l'âge larvaire considéré, les phases correspondantes montrent des durées identiques.

---

(2) *Comptes rendus*, 231, 1951, p. 377.

Vie imaginale. — Son début est marqué par la 1[re] phase (post-exuviale) de 2 à 4 jours, à taux de croissance pondéral élevé (remplissage du tube digestif); une 2[e] à taux de croissance moindre, d'une durée moyenne de 12 jours lui fait suite; elle correspond au développement des ovules. Des pesées quotidiennes comparées du tube digestif d'une part, des ovaires, d'autre part, le montrent. Elle se termine par le début de la période de ponte caractérisant l'âge adulte; celle-ci dure un peu plus de 3 mois; dans sa 1[re] moitié, le poids reste sensiblement constant, tandis que dans sa 2[e] partie elle s'accompagne d'une lente chute de poids jusqu'à la mort qui survient peu de jours après la fin de la ponte.

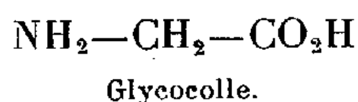
La mise en évidence de tels résultats chez *Clonopsis gallica* concorde parfaitement avec ceux trouvés pour *Carausius morosus*, ce qui tendrait à prouver leur généralité.

VIROLOGIE. — *Action inhibitrice d'analogues du glycocolle et de l'adénine sur la multiplication du virus de la grippe.* Note de M. **Claude Hannoun**, présentée par M. Jacques Tréfouël.

La multiplication du virus grippal dans l'embryon de Poulet est partiellement inhibée en présence d'acide amino-méthane-sulfonique (analogue du glycocolle) ou de benzimidazole (analogue de l'adénine).

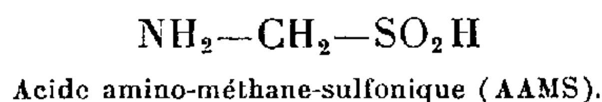
Au cours d'une étude d'ensemble sur les inhibiteurs de la multiplication du virus grippal dans la membrane chorioallantoïque de l'embryon de Poulet, nous avons recherché l'action d'un certain nombre de corps connus soit pour inhiber une réaction enzymatique ou un groupe de réactions, soit pour bloquer par effet compétitif l'utilisation d'un métabolite important (ces dernières substances étant généralement appelées « analogues »). Nous donnons ici quelques résultats obtenus avec deux de ces substances particulièrement intéressantes.

1° *Acide amino-méthane-sulfonique.* — La substitution dans un amino-acide d'une fonction sulfonée à un groupe carboxyle donne un corps n'ayant pas les propriétés biologiques de l'amino-acide correspondant, mais empêchant son utilisation à condition d'être présent en plus forte proportion que lui. Certains de ces acides ont déjà été signalés pour leur action sur le virus vaccinal. Nous avons étudié l'action de l'analogue du glycocolle : l'acide amino-méthane-sulfonique.



$NH_2—CH_2—CO_2H$

Glycocolle.



$NH_2—CH_2—SO_2H$

Acide amino-méthane-sulfonique (AAMS).

Dans nos expériences, le produit est injecté dans la cavité allantoïque d'embryons de poulet de 11 jours d'incubation avant ou après l'inoculation

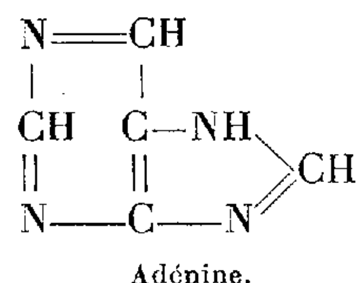
d'environ 100 doses 50 % infectantes de virus grippal A(PR8). Les liquides allantoïques sont prélevés 40 h après l'introduction du virus et l'on titre leur pouvoir hémoagglutinant. On calcule ensuite le nombre de doses minima agglutinantes produites par œuf dans chaque lot et l'on rapporte à la moyenne du lot témoin.

Dès la dose de 1 mg par œuf injectée une demi-heure après le virus, on note une inhibition de la multiplication du virus. La dose réduisant la quantité de virus produite par œuf de 50 % est de l'ordre de 2 mg. Si l'on injecte l'AAMS quelques heures avant le virus, l'effet est encore plus marqué.

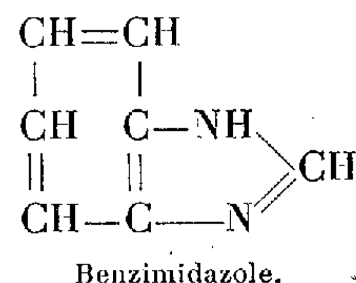
Le glycocolle a d'ailleurs lui-même un pouvoir inhibiteur mais à des doses bien plus élevées. Si l'on injecte des mélanges en proportions différentes des deux corps, on constate que l'inhibition due à l'AAMS est partiellement empêchée par le glycocolle et *vice-versa*.

On peut penser qu'un excès d'AAMS empêche l'utilisation du glycocolle dans une synthèse essentielle à la multiplication du virus alors qu'un gros excès de glycocolle déséquilibre la réaction où celui-ci est utilisé et gêne ainsi la synthèse.

2° *Benzimidazole.* — Dans un autre domaine, un corps dont la formule ressemble à celle de l'adénine est connu pour ses propriétés « antagonistes » vis-à-vis de cette purine : le benzimidazole.



Adénine.



Benzimidazole.

L'utilisation du benzimidazole dans les mêmes conditions que l'AAMS donne des résultats comparables. La dose 50 % inhibitrice est voisine de 2 mg par œuf. Si l'on retarde l'injection jusqu'à la 18e heure après l'inoculation du virus, on peut déceler encore un pouvoir inhibiteur net bien que beaucoup plus faible. Les réactions inhibées doivent donc avoir lieu pendant la phase de multiplication active et non, par exemple, pendant la période de latence.

Si l'on essaye de prévenir l'inhibition par le métabolite correspondant, l'adénine, on s'aperçoit que ce corps a, lui aussi, un fort pouvoir inhibiteur et que son action sur l'inhibition par le benzimidazole est très faible.

Nous donnons ici le résultat d'une expérience typique. Les nombres correspondant au nombre de doses minima agglutinantes produites par œuf, rapporté au nombre de doses produites par œuf dans le lot témoin. Le volume injecté par œuf est de 1,5 cm^3.

Témoins (1,5 cm³ d'eau physiologique)	100 %
3 mg benzimidazole	25
2 mg » + 1 mg adénine	28
1 mg » + 2 mg »	35
3 mg adénine	30

Le phénomène semble ici encore plus complexe; lors de la synthèse des nucléotides l'adénine et la guanine sont utilisées dans des proportions bien définies par rapport aux autres bases et aux autres constituants. Un déséquilibre artificiel de ces éléments provoque des perturbations importantes dans la synthèse du virus.

VIROLOGIE. — *Action du lait de Coco et de l'acide naphtalène acétique sur la multiplication d'un virus en culture de tissus.* Note de M. **Gabriel Segretain**, présentée par M. Jacques Tréfouël.

Le lait de Coco favorise le développement du virus de la mosaïque du Tabac en culture de tissu de « crown-gall ». L'acide naphtalène acétique aurait une action semblable, mais légère. Le mélange du lait de Coco et de l'acide naphtalène acétique n'a pas d'influence sur la prolifération du virus, mais favorise le développement des cultures.

On sait que le virus de la mosaïque du tabac peut se développer sur tissus ou organes de plantes cultivées *in vitro* (¹), (²), (³). Une culture de tissus de « crown-gall » de *Nicotiana tabacum* L., variété P 19, a été isolée et est entretenue depuis quatre ans en lumière diffuse sur un milieu mis au point par Gautheret (nitrate de calcium, 0,50 g; nitrate de potassium, 0,125 g; sulfate de magnésium, 0,125 g; phosphate monopotassique, 0,125 g; solution de Berthelot, 10 gouttes; gélose, 13 g; saccharose, 30 g; aneurine, 0,001 g; chlorhydrate de cystéine, 0,01 g; eau, 1000 cm³). L'infection de ces tissus par le virus de la mosaïque du tabac a été obtenue par passage de la souche sur tabac mosaïqué : la greffe sur tabac d'un fragment de culture provoque, en effet, la formation d'une tumeur qui permet de réisoler la souche.

Le tissu est alors cultivé, soit sur milieu normal, additionné ou non d'acide naphtalène acétique aux concentrations 1.10^{-8}, 5.10^{-7} et 1.10^{-5}, soit sur milieu normal contenant en plus 10 % de lait de Coco et additionné ou non d'acide naphtalène acétique aux mêmes concentrations que précédemment. Après deux mois, les cultures sont pesées, broyées au

(¹) Ph. R. White, *Phytopath.*, 24, 1934, p. 1003.

(²) G. Segretain, *Ann. Inst. Past.*, 69, 1943, p. 61-63.

(³) H. Augier de Montgremier, P. Limasset et G. Morel, *Comptes rendus*, 227, 1948, p. 606.

mortier et l'on ajoute au broyat un poids d'eau correspondant à deux fois le poids de la culture. La quantité de virus contenue dans chacun des jus filtrés est appréciée par le nombre de lésions nécrotiques locales obtenues en inoculant par frottement au moins cinq demi-feuilles de *N. glutinosa*. L'autre moitié de toutes les feuilles est inoculée avec un même jus de feuilles de tabac mosaïqué; ceci permet de comparer, entre eux, les quantités de virus contenues dans les différentes cultures de tissus.

Après une expérience préliminaire où l'acide naphtalène acétique n'a été utilisé qu'à la concentration de 1.10^{-6}, deux repiquages successifs sont faits sur les milieux précédemment indiqués, la transplantation se faisant d'un milieu sur le même milieu neuf. Pour chacun des milieux, nous avons recherché la concentration en virus de trois cultures, une au premier repiquage et deux au deuxième repiquage.

L'observation des cultures nous fait retrouver certains résultats obtenus par d'autres auteurs. L'acide naphtalène acétique à 1.10^{-8} permet une croissance des cultures très voisine de celle sur milieu témoin : culture étalée à la surface du milieu, nombreux bourgeons peu évolués; à la concentration de 5.10^{-7}, la formation des bourgeons est bloquée et la culture moins développée se bombe, ne reposant sur le milieu que par une faible surface; enfin, pour 1.10^{-5}, le fragment brunit et ne prolifère qu'extrêmement peu. En revanche, le lait de Coco à 10 % [4] seul, montre une action légèrement favorable sur la croissance des cultures qui se développent en tiges feuillées blanchâtres, déformées et contournées. Mais en présence de lait de Coco, l'action de l'acide naphtalène acétique est nettement favorable à la croissance. Au deuxième repiquage, pour la concentration optimum d'auxine, 5.10^{-7}, les cultures pèsent deux fois plus que celles développées sur milieu témoin additionné de lait de Coco. Les cultures peuvent dépasser 2 cm d'épaisseur et garnir toute la surface du tube; un mois et demi après le repiquage, elles brunissent rapidement. En l'absence ou en présence d'une faible concentration d'acide naphtalène acétique, la surface des cultures est tourmentée; elle devient lisse chez les cultures poussées sur forte concentration d'auxine, qui prennent une teinte brun clair et deviennent translucides.

Le milieu normal, additionné de 10 % de lait de Coco, est favorable à la multiplication du virus dans la culture de tissus de tabac. En effet, en comparant les moyennes des séries de lésions données par les cultures sur milieu normal, soit additionné, soit non additionné de lait de Coco, les différences sont ou significatives ou presque significatives [5]. L'acide naphtalène acétique seul, à concentration faible ou moyenne (1.10^{-8}

(4) L. DUHAMET, *C. R. Soc. Biol.*, 145, 1951, p. 1781-1783.

(5) G. JUST in Peterfi, *Methodik der wissenschaftl. Biologie*, 1928.

et 5.10^{-7}) semblent favoriser légèrement la prolifération du virus; les moyennes de lésions et leur erreur standard sont, en effet, les suivantes : témoin, $11 \pm 8{,}4$ et $14 \pm 5{,}7$; acide naphtalène acétique 5.10^{-7}, 26 ± 18 et 25 ± 12; acide naphtalène acétique 1.10^{-8}, 22 ± 7 et $32{,}5 \pm 27$. Pour la concentration 1.10^{-5} d'auxine, la quantité de virus des cultures est la même que celle des témoins. Ces résultats, obtenus avec l'acide naphtalène acétique seul, diffèrent légèrement de ceux de Kutsky et Rawlins (6). Sur les milieux qui renferment à la fois lait de Coco et acide naphtalène acétique, les cultures contiennent la même quantité de virus que les cultures témoins sans lait de Coco.

En conclusion, l'accroissement de la quantité de virus produit en présence de lait de Coco, peut être interprété par une prolifération plus importante du virus dans les tiges feuillées, plus développées sur ce milieu. En revanche, une croissance plus rapide de la culture de tissus empêcherait la prolifération du virus (7), ce qui se produit en présence du mélange lait de Coco et acide naphtalène acétique.

A 16 h, l'Académie se forme en Comité secret.

COMITÉ SECRET.

La Section d'astronomie, par l'organe de son Doyen, présente la liste suivante de candidats à la place vacante par le décès de M. *Bernard Lyot* :

En première ligne............	M. **Jules Baillaud**.
En seconde ligne, ex æquo, *et par ordre alphabétique*......	MM. **Lucien d'Azambuja**. **Fernand Baldet**.
En troisième ligne, ex æquo, *et par ordre alphabétique*......	MM. **Henri Chrétien**. **André Couder**. **Henri Mineur**.

Les titres de ces candidats sont discutés.

L'élection aura lieu en la prochaine séance.

La séance est levée à 17 h 45 m.

R. C.

---

(6) *J. Bacteriol.*, 60, 1950, p. 763-766.

(7) H. Augier de Montgrenier et G. Morel, *Comptes rendus*, 227, 1948, p. 688.

ACADÉMIE DES SCIENCES.

SÉANCE DU LUNDI 1er DÉCEMBRE 1952.

PRÉSIDENCE DE M. ALBERT CAQUOT.

MÉMOIRES ET COMMUNICATIONS

DES MEMBRES ET DES CORRESPONDANTS DE L'ACADÉMIE.

M. le **Président** annonce à l'Académie le décès de M. **Sven Anders Hedin**, Correspondant pour la Section de Géographie et Navigation, survenu à Stockholm, le 26 novembre 1952.

M. le **Président** signale que la prochaine séance hebdomadaire aura lieu le mercredi 10 décembre, au lieu du lundi 8, jour de la séance annuelle des prix de l'Académie des Sciences morales et politiques.

PHYSIQUE THÉORIQUE. — *Sur l'interprétation de la Mécanique ondulatoire des systèmes de corpuscules dans l'espace de configuration par la théorie de la double solution.* Note de M. **Louis de Broglie**.

Approfondissant un raisonnement indiqué dans un Mémoire de 1927, l'auteur précise comment il paraît possible, dans la théorie de la double solution onde-pilote, de justifier le passage de la Mécanique ondulatoire du corpuscule dans un champ donné à la Mécanique ondulatoire des systèmes de corpuscules dans l'espace de configuration.

L'une des grandes difficultés de l'interprétation de la Mécanique ondulatoire par les idées de double solution et d'onde-pilote est de justifier le passage de la Mécanique ondulatoire du corpuscule dans un champ donné à la Mécanique ondulatoire des systèmes de corpuscules dans l'espace de configuration. Nous avions esquissé une démonstration de la possibilité de ce passage dans notre Mémoire de 1927 sur la double solution (1). Nous allons essayer de préciser certains points de cette démonstration en nous bornant au cas d'un système de deux corpuscules, le passage au cas de plus de deux corpuscules ne paraissant pas comporter de difficultés supplémentaires.

---

(1) *Journal de Physique*, série VI, 8, 1927, p. 225.

Nous utiliserons le lemme mathématique suivant : Soient deux variables x et y et une certaine fonction u de x et de y. Considérons trois fonctions $F_1(x, u)$, $F_2(y, u)$ et $F(x, y, u)$ et supposons que nous ayons entre ces fonctions les relations

$$\left(\frac{\partial F}{\partial x}\right)_y = \left(\frac{\partial F_1}{\partial x}\right)_y \qquad \left(\frac{\partial F}{\partial y}\right)_x = \left(\frac{\partial F_2}{\partial y}\right)_x$$

Alors on a nécessairement

$$(1) \qquad F_1(x, u) = F_{11}(x) + F_{12}(u) \qquad F_2(y, u) = F_{22}(y) + F_{21}(u),$$

avec $F_{12} = F_{21}$ et

$$(2) \qquad F(x, y, u) = F_{11}(x) + F_{22}(y) + F_{12}(u).$$

Ce lemme dont la démonstration est aisée étant admis, envisageons un système de deux corpuscules de nature différente dans l'espace physique à trois dimensions. Chaque point de cet espace sera repéré par le rayon-vecteur $\vec{R}$ qui le joint à l'origine des coordonnées. $\vec{R}_1(t)$ et $\vec{R}_2(t)$ définissent donc les positions à l'instant t des deux corpuscules. Les vecteurs $\vec{r}_1(t) = \vec{R} - \vec{R}_1(t)$ et $\vec{r}_2(t) = \vec{R} - \vec{R}_2(t)$ définissent de même la position du point $\vec{R}$ par rapport à chacun des deux corpuscules à l'instant t. Enfin nous posons $\vec{r}_{12}(t) = \vec{R}_1(t) - \vec{R}_2(t)$.

Nous supposons valables pour le mouvement de chacun des corpuscules dans un champ donné les idées de la théorie de la double solution. Si donc nous supposons connu le mouvement $\vec{R}_2(t)$ du second corpuscule, nous pourrons écrire pour le premier corpuscule l'équation de Jacobi généralisée au point $\vec{R} = \vec{R}_1$

$$(3) \qquad \frac{\partial \varphi_1}{\partial t} \equiv E_1 = \frac{1}{2m_1}(\text{grad}_1 \varphi_1)^2 + F_1 + F_{12} + Q_1,$$

où Q_1 est le potentiel quantique égal, à l'approximation newtonienne que la Mécanique ondulatoire de l'espace de configuration suppose implicitement valable, à

$$Q_1 = -\frac{h^2}{8\pi^2 m_1}\left(\frac{\Delta a_1}{a_1}\right)_{\vec{R} = \vec{R}_1}.$$

Dans cette équation $\varphi_1(\vec{R}, \vec{r}_{12}, t)$ est la phase des ondes u_1 et Ψ_1 du premier corpuscule dans le champ de force connu créé par le second, compte tenu s'il y a lieu de la présence d'obstacles provoquant interférences et diffraction. $a_1(\vec{R}, \vec{r}_{12}, t)$ est l'amplitude de l'onde continue Ψ_1. Le symbole $\text{grad}_1 \varphi_1$ signifie $(\text{grad}\, \varphi_1)_{\vec{R}=\vec{R}_1}$. La fonction $F_1(\vec{R}_1, t)$ est un potentiel extérieur agissant éventuellement sur le premier corpuscule, $F_{12}(\vec{r}_{12})$ est le potentiel représentant

l'action du second corpuscule sur le premier. L'énergie E_1 n'est pas constante en général.

Mais nous pouvons au contraire supposer connu le mouvement $\vec{R}_1(t)$ du premier corpuscule et écrire l'équation de Jacobi généralisée pour le second corpuscule au point $\vec{R} = \vec{R}_2(t)$

$$\frac{\partial \varphi_2}{\partial t} \equiv E_2 = \frac{1}{2m_2}(\text{grad}_2 \varphi_2)^2 + F_2 + F_{21} + Q_2, \tag{4}$$

où Q_2 est le potentiel quantique $Q_2 = -(h^2/8\pi^2 m_2)(\Delta a_2/a_2)_{\vec{R}=\vec{R}_2}$. Le sens des autres symboles figurant dans (4) est évident. Précisons seulement que $F_{21}(\vec{r}_{12})$ est le potentiel représentant l'action du premier corpuscule sur le second et que l'on suppose toujours $F_{21} = F_{12}$. L'énergie E_2 n'est pas constante en général.

Passons maintenant au point de vue de l'espace de configuration où les coordonnées $x_1, y_1, z_1, x_2, y_2, z_2$ deviennent des variables indépendantes. Si nous admettons la validité de l'équation de Schrödinger pour l'onde Ψ dans l'espace de configuration, nous pouvons écrire l'équation de Jacobi au point $\vec{R}_1$, $\vec{R}_2$ de l'espace de configuration

$$\frac{\partial \varphi}{\partial t} \equiv E = \frac{1}{2m_1}(\text{grad}_1 \varphi)^2 + \frac{1}{2m_2}(\text{grad}_2 \varphi)^2 + F_1 + F_{12} + F_2 + Q, \tag{5}$$

où le potentiel quantique Q est donné par

$$Q = -\frac{h^2}{8\pi^2}\left(\frac{1}{m_1}\frac{\Delta_1 a}{a} + \frac{1}{m_2}\frac{\Delta_2 a}{a}\right)_{\vec{R}_1, \vec{R}_2}. \tag{6}$$

Dans (5), $\varphi(\vec{R}_1, \vec{R}_2, t)$ est la phase de l'onde Ψ dans l'espace de configuration, $a(\vec{R}_1, \vec{R}_2, t)$ son amplitude; F_1, F_2 et F_{12} ont les mêmes significations que précédemment.

Du point de vue de la théorie de la double solution, la représentation du système dans l'espace physique à trois dimensions est la seule qui représente la réalité physique et la représentation dans l'espace de configuration est purement fictive. Mais, comme elles doivent être compatibles, il faut avoir

$$m_1 \vec{v}_1 = -\text{grad}_1 \varphi_1 = -\text{grad}_1 \varphi, \qquad m_2 \vec{v}_2 = -\text{grad}_2 \varphi_2 = -\text{grad}_2 \varphi. \tag{7}$$

Or, d'après (1) et (2), ceci entraîne pour les phases les formes suivantes :

$$\begin{cases} \left.\begin{aligned} \varphi_1(\vec{R}_1, \vec{r}_{12}, t) &= \varphi_{11}(\vec{R}_1, t) + \varphi_{12}(\vec{r}_{12}, t) \\ \varphi_2(\vec{R}_2, \vec{r}_{12}, t) &= \varphi_{22}(\vec{R}_2, t) + \varphi_{21}(\vec{r}_{12}, t) \end{aligned}\right\} \varphi_{12} = \varphi_{21}, \\ \varphi(\vec{R}_1, \vec{R}_2, t) = \varphi_{11}(\vec{R}_1, t) + \varphi_{22}(\vec{R}_2, t) + \varphi_{12}(\vec{r}_{12}, t). \end{cases} \tag{8}$$

Ainsi se trouve précisée, même dans le cas général où il existe des champs extérieurs et des obstacles à la propagation des ondes, la forme générale des phases φ_1 et φ_2 des ondes individuelles (u ou Ψ) et de la phase φ de l'onde fictive Ψ dans l'espace de configuration.

D'autre part, les « forces quantiques » doivent avoir la même valeur qu'on les calcule dans l'espace ordinaire ou dans l'espace de configuration, ce qui nous donne les conditions

$$(9) \qquad \text{grad}_1 Q_1 = \text{grad}_1 Q, \qquad \text{grad}_2 Q_2 = \text{grad}_2 Q,$$

d'où, par application des formules (1) et (2) :

$$(10) \qquad \left\{ \begin{array}{l} \left. \begin{array}{l} Q_1(\vec{R}_1, \vec{r}_{12}, t) = Q_{11}(\vec{R}_1, t) + Q_{12}(\vec{r}_{12}, t) \\ Q_2(\vec{R}_2, \vec{r}_{12}, t) = Q_{22}(\vec{R}_2, t) + Q_{21}(\vec{r}_{12}, t) \end{array} \right\} Q_{12} = Q_{21}, \\ Q(\vec{R}_1, \vec{R}_2, \vec{r}_{12}, t) = Q_{11}(\vec{R}_1, t) + Q_{22}(\vec{R}_1, t) + Q_{12}(\vec{r}_{12}, t). \end{array} \right.$$

Nous voyons ainsi que le passage de Q_1 et Q_2 à Q se fait comme en Mécanique classique le passage de E_1 et E_2 à E, c'est-à-dire en ne prenant qu'une fois le terme d'énergie mutuelle.

Maintenant, en comparant (3), (4) et (5) et en tenant compte de (8), on obtient

$$(11) \qquad E = E_1 + E_2 - F_{12} + Q - Q_1 - Q_2,$$

puis, d'après (10),

$$(12) \quad E = E_1 + E_2 - F_{12} - Q_{12} = \frac{1}{2} m_1 v_1^2 + \frac{1}{2} m_2 v_2^2 + F_1 + F_2 + F_{12} + Q_1 + Q_2 + Q_{12}.$$

La formule (12) paraît satisfaisante parce qu'elle traite symétriquement le potentiel ordinaire d'interaction F_{12} et le potentiel quantique d'interaction Q_{12} (1).

Le raisonnement précédent précise celui que nous avions donné en 1927. Il contient encore, du moins en apparence, une sorte de cercle vicieux parce que nous avons admis la validité de l'équation de Schrödinger dans l'espace de configuration au lieu de la démontrer. M. J. P. Vigier a évité cet inconvénient en démontrant que la validité de l'équation de Schrödinger dans l'espace de configuration découle de la conservation du flux de particules (2).

Ce que nous avons dit dans cette Note s'applique au cas des particules de

---

(1) On peut remarquer que, d'après les formules (8) et (10), φ_{12} et Q_{12} doivent dépendre des composantes du vecteur $\vec{r}_{12}$; mais il ne paraît pas nécessaire qu'elles dépendent seulement de la distance $|\vec{r}_{12}|$ des deux corpuscules.

(2) *Voir* J. P. VIGIER, *Comptes rendus*, 235, 1952, p. 1372.

nature différente ($m_1 \neq m_2$). Nous comptons étudier dans une prochaine communication le cas des particules de même nature qui est, on le sait, très important.

CHIMIE ORGANIQUE. — *Cyclisation indénique de colorants éthyléniques : colorants indaniques résultants*. Note (*) de MM. **Charles Dufraisse, André Étienne** et **Bernard Goffinet.**

Les colorants éthyléniques aminés, antérieurement décrits, ont été cyclisés par les acides en indènes, dont les structures sont fixées par synthèse à partir des indanones correspondantes. On établit, à cette occasion, l'influence désactivante d'un substituant aminé sur la cyclisation indénique. Deux des indènes se transforment en colorants indaniques bleus, par simple action des acides.

Quand on ajoute de l'acide sulfurique aux solutions acétiques des colorants résultant de la salification des alcools triaryl-1.1.3 allyliques aminés, I à V, il se produit, en dehors des changements réversibles de teintes, déjà signalés [1], des transformations, non réversibles, en produits formés par déshydratation des alcools. Ces produits sont de deux sortes : les uns monomoléculaires, les autres bimoléculaires. Les premiers, seuls, font l'objet de la présente Note.

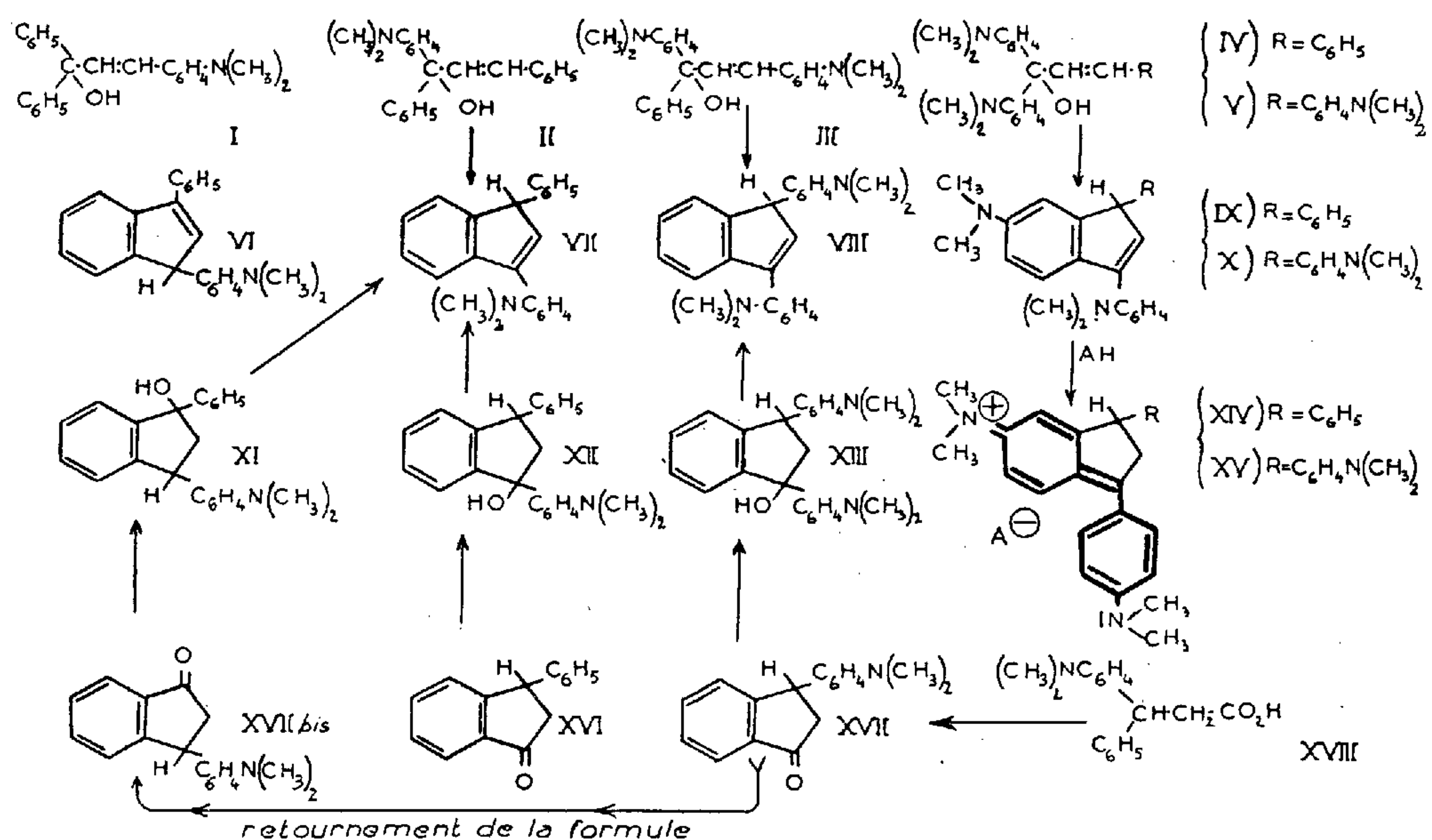
a. Ce sont, comme nous allons le montrer, des indènes issus d'une cyclisation entre le carbone 3 de la chaîne allylique et l'un des aryles géminés en 1. On les obtient par chauffage au reflux des solutions acétiques, additionnées d'acide sulfurique à une teneur d'autant plus élevée que le carbinol est plus basique, c'est-à-dire qu'il porte un plus grand nombre de fonctions aminées.

On a ainsi préparé : à partir de II, le *p*-diméthylaminophényl-3 phényl-1 indène, VII, $C_{23}H_{21}N$, F_{inst} 104-105°; à partir de III, le *bis* (*p*-diméthylaminophényl)-1.3 indène, VIII, $C_{25}H_{26}N_2$, F_{inst} 110-111°; à partir de IV, le phényl-1 *p*-diméthylaminophényl-3 diméthylamino-6 indène, IX, $C_{25}H_{26}N_2$, F_{inst} 118-119°, et, à partir de V, le *bis* (*p*-diméthylaminophényl)-1.3 diméthylamino-6 indène, X, $C_{27}H_{31}N_3$, F_{inst} 149-150°. Il est à noter que le carbinol I n'a pas donné l'indène VI attendu, mais seulement un produit de doublement. D'autre part, les carbinols II et III, qui auraient dû fournir l'un et l'autre deux indènes, suivant celui des aryles géminés soumis à la cyclisation, n'en ont donné qu'un chacun. Les formules VII et VIII ont été attribuées à ces indènes en se basant sur l'hypothèse que la cyclisation devait se faire préférentiellement sur l'aryle simple, l'aryle aminé, en milieu acide, étant, au moins pour la majeure partie, sous la forme quinoïde d'un ion imonium, manifestement inapte à l'attaque cyclisante. Mais, même au cas où la cyclisation ne porterait

(*) Séance du 17 novembre 1952.

(1) Ch. Dufraisse, A. Étienne, P. Barbiéri et B. Goffinet, *Comptes rendus*, 234, 1952, p. 22.

pas sur la fraction des molécules colorées, les deux autres états possibles de la fonction amine, l'état libre et l'état salifié en ion ammonium, ne seraient pas plus favorables à la réaction : le premier, ortho-para-directeur, interdirait le sommet 2 situé en méta par rapport à une fonction amine, et le second, en tant que méta-directeur, agirait comme désensibilisant général du noyau.



b. Ces transformations d'alcools triarylallyliques aminés se rattachent aux résultats déjà obtenus par Meyer et Schuster ([2]), Ziegler et ses collaborateurs ([3]), ([4]), ([5]), Straus et Ehrenstein ([6]), dans la production d'indène et de produit doublé par action des acides sur l'alcool triphényl-1.1.3 allylique (ou ses éthers méthylique ou éthylique). La structure indénique a été établie par Ziegler dans le cas du diphényl-1.3 indène, identifié au produit de déshydratation du diphényl-1.3 indanol-1.

A la rigueur, nous aurions pu nous en tenir à cette démonstration de Ziegler pour fixer la constitution de nos composés monomoléculaires, en concluant par analogie et en complétant par l'hypothèse énoncée plus haut. Celle-ci, pourtant, nous a semblé réclamer une justification directe; aussi avons-nous tenu à établir pour notre compte la réalité de la cyclisation

---

([2]) *Ber.*, 55, 1922, p. 815.
([3]) K. Ziegler et C. Ochs, *Ber.*, 55, 1922, p. 2257.
([4]) K. Ziegler, H. Grabbe et F. Ulrich, *Ber.*, 57, 1924, p. 1983.
([5]) K. Ziegler, K. Richter et B. Schnell, *A.*, 443, 1925, p. 161.
([6]) *A.*, 442, 1925, p. 93.

indénique chez les corps aminés, en même temps qu'à prouver le bien-fondé de notre raisonnement sur la cyclisation préférentielle des corps II et III.

L'indanol XII, ou phényl-3 *p*-diméthylaminophényl-1 indanol-1, $C_{23}H_{23}ON$, F_{inst} 112-113°, a été obtenu par condensation du *p*-diméthylaminophényl-lithium sur la phényl-3 indanone-1, XVI, préparée selon Pfeiffer [7]. Par déshydratation au moyen de l'acide acétique en présence d'une trace d'acide fort, à froid, on obtient l'indène VII dont la structure est ainsi établie.

L'indanol XIII, ou *bis*(*p*-diméthylaminophényl)-1.3 indanol-1, $C_{25}H_{28}ON_2$, F_{inst} 166-167°, a été obtenu par condensation du *p*-diméthylaminophényl-lithium sur la *p*-diméthylaminophényl-3 indanone-1, XVII. Cette indanone, $C_{17}H_{17}ON$, F_{inst} 131-132°, qui n'était pas décrite, a été préparée, à cette occasion, à partir de l'acide β-phényl β(*p*-diméthylaminophényl) propionique, XVIII, par action du chlorure de thionyle et cyclisation au chlorure d'aluminium (Oxime, $C_{17}H_{18}ON_2$, F_{inst} 165-166°). L'indanol XIII, déshydraté par l'acide acétique sulfurique à froid, nous a conduit à l'indène VIII.

Pour démontrer la formule de cet indène, il fallait encore prouver que l'acide XVIII se transformait en indanone par cyclisation préférentielle sur le phényle non substitué, en accord avec le raisonnement ci-dessus pour la cyclisation des alcools. Effectivement, en faisant réagir sur l'indanone (voir formule XVII *bis* obtenue par retournement de XVII), au lieu du lithien aminophénylé comme il vient d'être dit, le lithien phénylé simple, on obtient le *p*-diméthylaminophényl-3 phényl-1 indanol-1, XI, $C_{23}H_{23}ON$, F_{inst} 132-133°. Ce corps, déshydraté par l'acide sulfurique en solution acétique, ou mieux par le chlorure de zinc, donne l'indène VII, décrit plus haut, où la position de l'aryle aminé en substituant extérieur au squelette indénique ne laisse aucun doute. Par suite, la cyclisation indénique de l'acide XVIII a bien lieu préférentiellement sur l'aryle non substitué, en accord avec la base de notre hypothèse sur le comportement analogue des carbinols éthyléniques, ce qui entraîne, à son tour, la justification de VIII. Les formules VII et VIII étant ainsi reconnues correctes, c'est la démonstration, directe cette fois-ci, du bien fondé de ladite hypothèse.

Il reste cependant une petite incertitude concernant la structure de l'indène monoaminé, seul produit résultant de la déshydratation des indanols XI et XII, au lieu des deux indènes isomères VI et VII qui étaient à en attendre. Il nous semble néamoins que l'on peut se prononcer pour la formule VII, comme la plus stable en raison de l'attraction plus forte que doit exercer le substituant arylaminé sur la double liaison. Ainsi s'expliquerait également que nous n'ayons pas réussi à isomérer l'indène en question, pas plus par les acides que par les alcalis.

c. Les indènes aminés VII à X sont des corps incolores; mais dans l'acide

---

(7) P. PFEIFFER et H. L. de WAAL, *A.*, 520, 1935, p. 185.

acétique, alors que VII et VIII ne donnent aucune coloration, IX et X développent une couleur bleu intense, stable avec le temps. Le phénomène s'explique facilement par l'interprétation qu'ont proposée Dufraisse, Lefrancq et Barbiéri ([8]) de l'halochromie des *bis* (aminoaryl) éthylènes dissymétriques $[>NC_6H_4]_2C{=}C<$: il se fixerait une molécule d'acide AH sur la double liaison, puis l'expulsion immédiate de l'ion négatif $A^{\ominus}$ formerait un ion coloré, XIV pour IX et XV pour X, donnant ainsi une halochromie se rattachant à celle de l'hydrol de Michler (partie en traits renforcés des formules XIV et XV).

Ce mécanisme, ne faisant pas intervenir dans la coloration le groupement $-C_6H_5$ ou $-C_6H_4N(CH_3)_2$ porté en 1, rend compte de la quasi-identité des colorations données par les deux indènes; la différence entre ces groupements du sommet 1 se manifeste seulement par une durée d'établissement de la coloration, qui est plus courte pour X que pour IX.

PHYSIOLOGIE. — *Sur la répartition de l'urée dans les liquides de l'organisme après dialyse péritonéale.* Note de MM. **Léon Binet, Pierre Tanret** et Mlle **Madeleine Marquis.**

Nous avons montré précédemment ([1]) que si l'on administre à un animal de fortes quantités d'urée, la hausse de la concentration uréique dans l'eau du plasma, rapide en cas de perfusion intraveineuse, plus progressive en cas d'administration gastrique, se trouve notablement en avance sur celle qu'on observe dans les muscles. La diffusibilité de l'urée est loin d'être instantanée, et la répartition offre toujours des irrégularités de détail.

Inversement, nous allons montrer que la soustraction à l'organisme d'une certaine quantité d'urée est à même de *provoquer de semblables inégalités entre les concentrations uréiques des différents milieux.*

A cet effet nous avons utilisé la dialyse péritonéale, méthode aujourd'hui assez couramment employée en clinique humaine; elle consiste à irriguer la cavité péritonéale avec une solution dont la composition est très voisine de celle du plasma, en ce qui concerne les sels minéraux, et dont l'isotonie avec le plasma est assurée par l'addition de glucose. Grâce aux phénomènes de diffusion qui s'établissent entre le sang et le liquide péritonéal, à travers les parois vasculaires et les membranes péritonéales, le liquide d'irrigation se charge des cristalloïdes qui lui manquent, l'urée par exemple. Les quantités d'urée que l'on peut ainsi extraire varient d'ailleurs large-

([8]) *Rec. Trav. Chim. P. Bas.*, 69, 1950, p. 380.

([1]) *Comptes rendus*, 231, 1950, p. 1387 et 233, 1951, p. 1536; *La Presse Médicale*, n° 27, 1952, p. 569-570.

ment, non seulement selon le débit de l'irrigation, mais d'un sujet à l'autre. C'est ainsi, par exemple, que chez le même malade dont le taux de l'urée sanguine variait entre 4,20 et 4,70 g, nous avons retiré par des dialyses de même durée (16 h environ) des quantités d'urée de 64, 22 et 58 g.

Les expériences qui font l'objet de ce travail ont porté sur des chiens atteints de néphrite uranique grave consécutive à l'injection de nitrate d'urane à la dose de 3 mg/kg de poids corporel. Les dialyses péritonéales, uniques ou répétées, ont été pratiquées aux environs du 10e jour; les irrigations ont été faites avec la solution dite de Abott et Shea, renfermant 20 g de glucose par litre. Elles ont duré de 4 à 6 h.

L'urée a été dosée dans le plasma et dans le muscle par la méthode au xanthydrol, immédiatement avant et après ces interventions. Les concentrations uréiques ont été rapportées, comme dans nos recherches antérieures, non pas au poids de plasma ou de tissu frais analysé, mais au poids d'eau contenue effectivement dans ces milieux, déterminée par le dosage de leur extrait sec.

Les quantités d'urée ainsi extraites par dialyse ont varié de 0,38 à 2,3 g/kg de poids corporel. Chaque fois, nous avons calculé la clearance uréique péritonéale, c'est-à-dire le volume de plasma dont l'épuration uréique correspondrait à la quantité d'urée extraite par minute en prenant pour taux de l'urée plasmatique, pendant la durée de la dialyse, la valeur moyenne entre le taux initial et le taux final de l'urée dans le plasma. A titre de comparaison, nous avons calculé la clearance uréique rénale des animaux en expérience avant qu'ils n'aient été intoxiqués, en nous basant sur les données fournies par H. W. Smith (*The Kidney*, Oxford University press, 1951, p. 543) qui la fixent, chez le Chien, aux environs de 50 cm^3/m^2 de surface corporelle et en calculant cette surface corporelle d'après la formule de Meehr, $S = KP^{2/3}$, où S est la surface en décimètres carrés, P le poids en kilogrammes et K une constante empirique dont la valeur, chez le Chien, est de 11,2.

On trouvera quelques-uns de nos résultats dans le tableau où figurent, en particulier, les valeurs extrêmes des clearances uréiques péritonéales que nous avons observées. Nous désignerons par δ la diminution de l'urée dans les milieux envisagés à la suite des dialyses péritonéales (D. P.) et par δ' la différence, positive ou négative, entre les concentrations uréiques du muscle et du plasma.

On peut constater les faits suivants :

1. La diminution δ de la concentration uréique après dialyse péritonéale est constamment plus marquée dans l'eau du plasma que dans celle des muscles. Le rapport δ dans le plasma/δ dans le muscle est dans l'ensemble de nos expériences voisin de 2.

TABLEAU.

Chiens n°	Nombre de jours après intoxication.		Concentrations uréiques dans l'eau du plasma.	du muscle.	δ'.	Rapport des concentrations uréiques plasma/muscle	Pourcentage de l'eau dans le plasma.	dans les muscles.	Poids initial de l'animal (kg).	Poids (*).	Durée des D. P. en minutes (**).	Clearance uréique du péritoine (cm³).	des reins normaux (cm³).
6.	9ᵉ jour.	Avant D. P.	4,80	4,71	−0,09	1	91,16	74,09	12,500	0,65	210	10,9	30,1
		Après D. P.	2,77	3,62	+0,85	0,76	90,95	75,53					
		δ.........	2,03	1,09	–	–	–	–					
7.	9ᵉ jour.	Avant D. P.	8,25	7,38	−0,87	1,12	90,73	76,66	13,200	0,75	365	3,9	32
		Après D. P.	5,45	6,15	+0,70	0,88	90,78	75,93					
		δ.........	2,80	1,23	–	–	–	–					
8.	9ᵉ jour.	Avant D. P.	6,00	6,11	+0,11	1	86,31	70,54	13	0,38	360	2,1	31
		Après D. P.	4,82	5,64	+0,82	0,85	88,45	72,25					
		δ.........	1,18	0,47	–	–	–	–					
2.	10ᵉ jour.	Avant D. P.	8,17	8,51	+0,34	0,96	91,80	76,31	12,700	2,30	390	7,8	30,5
		Après D. P.	6,85	7,89	+1,04	0,87	90,31	75,72					
		δ.........	1,32	0,62	–	–	–	–					
6.	11ᵉ jour.	Avant D. P.	3,62	3,61	0	1	91,89	74,52	12,500	0,40	345	8,25	30,1
		Après D. P.	2,21	2,88	+0,67	0,769	90,63	75,20					
		δ.........	1,41	0,73	–	–	–	–					
9.	11ᵉ jour.	Avant D. P.	7,75	7,70	−0,05	1	87,72	75,78	12,400	0,66	300	3,5	30
		Après D. P.	6,17	6,79	+0,62	0,91	87,96	75,67					
		δ.........	1,58	0,91	–	–	–	–					

(*) Poids d'urée extrait par kilogramme du sujet, le jour de l'expérience (g).
(**) Après écoulement de tout le liquide injecté dans le péritoine. Au cours de toutes ces dialyses péritonéales le poids des animaux est resté constant à ± 100 g près.

2. La différence δ' entre les concentrations uréiques de l'eau du muscle et du plasma, de sens variable avant dialyse, devient constamment positive après celle-ci. La concentration uréique du plasma est par rapport à celle du muscle dans des proportions comprises entre 0,75 et 0,90; les rapports les plus faibles concernant les cas où l'azotémie de l'animal était initialement la moins élevée.

3. Ces inégalités dans les répartitions de l'urée succèdent chez des animaux anuriques, à des extractions d'urée toujours bien inférieures à celles que les reins de l'animal auraient pu éliminer dans le même temps s'ils étaient restés normaux, à en juger par la comparaison des clearances uréiques péritonéales et rénales normales. Plus rapide que les processus physiques de diffusion, l'élimination aqueuse d'eau par le rein paraît susceptible d'empêcher des écarts importants de la concentration uréique dans les différents milieux de l'organisme.

Ainsi les nouvelles expériences que nous rapportons, poursuivies grâce à la technique de la dialyse péritonéale, nous permettent d'affirmer qu'il existe indiscutablement des variations du taux de l'urée entre les liquides plasmatiques et tissulaires liées à la vitesse propre de la diffusion de l'urée à travers les membranes vivantes.

ZOOLOGIE. — *Variation chez les Rotifères du genre* Brachionus. Note de M. **Paul de Beauchamp**.

Depuis ma précédente Note à ce sujet (1), mes élevages poursuivis sur cultures d'Algues impures, ont mis en évidence quelques faits nouveaux concernant le facteur de production des épines que sécrètent les *Asplanchna* et dont la nature reste à élucider :

1. Il existe des races distinctes de *Brachionus pala* réagissant plus ou moins à ce facteur. Celle dont il a été question, que je désigne par la lettre *b*, donne constamment des « longs » et « très longs » en présence des *Asplanchna* ou de leurs extraits. J'ai mentionné aussi une autre souche, du Jardin du Luxembourg, *l*, qui ne fournit à leur contact que des « assez courts »; réaction d'ailleurs générale et constante aussi et qui n'est pas sans gêner l'ingestion des individus par les *Asplanchna* qui les saisissent toujours par derrière... Mais mes cultures de celle-ci ont péri en juillet quand la température du laboratoire est montée à 30°, tandis que les *b* subsistaient; leurs œufs durables ont éclos depuis à température plus basse et redonné des cultures réagissant comme avant (les *b* conservent aussi leur propriété à travers les œufs fécondés; ceux qui en éclosent sont toujours inermes, mais peuvent être induits immédiatement à produire des longs). Deux autres souches isolées en mars aux Bois de Boulogne et de Vincennes se comportent comme *l* aux différents points de vue; plusieurs autres ont été suivies moins longtemps ou n'ont pas prospéré sur la nourriture employée.

Il en résulte que les *pala* inermes presque constants l'hiver dans mes stations des parcs parisiens ne sont pas, au moins pas tous, l'origine des longs que l'on peut y observer l'été. Chose curieuse d'ailleurs, cette année je n'ai pu en trouver dans celles-ci, où les planctons d'été ne renfermaient que quelques individus isolés, inermes et courts (pas d'*Asplanchna brightwelli* non plus, sauf quelques jours au Luxembourg à un moment où il n'y avait pas de *pala*). Mais deux de ceux-ci, du Bois de Boulogne et du Luxembourg encore, ont fourni des cultures donnant des épines longues avec les *Asplanchna*, peut-être un peu moins que *b*; l'une de ces souches

(1) *Comptes rendus*, 234, 1952, p. 573.

se rapproche de la variété *dorcas* Gosse à épines nucales médianes longues et courbées, caractère qui s'atténue d'ailleurs en culture....

2. Le facteur n'est pas produit exclusivement par les *Asplanchna brightwelli* ♀ dont j'entretiens une souche; j'ai obtenu une réaction quoique moins intense avec leurs ♂ dépourvus de tube digestif et avec leurs œufs durables broyés, une faible aussi avec des *Asplanchna girodi* de Guerne et *priodonta* Gosse qui ne sont pas capables d'ingérer de gros Rotifères (une espèce carnassière mais non pélagique, *Eosphora naïas* Ehrbg., n'a rien donné). Un extrait des Brachions longs eux-mêmes, préparé comme celui des *Asplanchna*, n'a aucune action sur les inermes, qui, d'ailleurs, peuvent coexister avec eux.

3. Comme je l'avais laissé prévoir aussi, un facteur de production des épines peut exister en dehors des *Asplanchna*; dans mes cultures *b* au cours de cette année, j'ai vu apparaître à diverses reprises, en plus ou moins grand nombre, des individus plus ou moins longs mélangés aux courts et inermes; l'aspect reste fort différent de celui des lots avec *Asplanchna*, où tout est long au bout de quelques jours, il évoque plutôt celui des lots où celles-ci ont disparu et où l'atrophie des épines se produit de façon fort lente et irrégulière : si le facteur est le même, il est à plus faible dose.... Je n'ai pu encore découvrir la cause de cette variation spontanée; elle ne se produit pas à la fois dans les tubes de même origine et alimentés des mêmes cultures d'Algues et dans chacun peut montrer une certaine périodicité, l'allongement (moyen) étant suivi d'un raccourcissement, puis d'un nouvel allongement en quelques semaines.... Bien entendu, les expériences se font sur des stocks sans longs et avec témoins. Les échanges de milieu entre des populations de types différents donnent des résultats peu nets : il y a à la fois une certaine action de celui-ci et une certaine hérédité, avec grosse différence de sensibilité individuelle à élucider quand les cultures seront faites en milieu mieux défini. Les souches qui ne donnent pas de longs ont, néanmoins, une certaine variation spontanée, bien entendu moins frappante.

En somme, ces dernières observations, confirmant l'action du facteur produit par les *Asplanchna*, montrent l'existence de nombreuses races réagissant plus ou moins, celles qui le font le moins paraissant des formes d'hiver distinctes des formes d'été. Un facteur plus dilué ou différent peut apparaître indépendamment, mais les individus de même provenance au même instant y sont très inégalement sensibles.

M. le **Secrétaire perpétuel** annonce à l'Académie que le tome 230 des *Comptes rendus* (1er semestre 1950) est en distribution au Secrétariat et dépose sur le Bureau le tome VIII des *Œuvres de Henri Poincaré*, publié sous les

auspices de l'Académie par la Section de Géométrie, avec la collaboration de Pierre Sémirot.

M. **René Garnier** fait hommage à l'Académie du Tome III : *Intégrales simples, multiples et curvilignes,* de la deuxième édition, revue et augmentée, de son *Cours de mathématiques générales* (*Analyse et Géométrie*).

Les Ouvrages suivants sont présentés :

par M. **Roger Heim** : *Le tapis végétal dans ses rapports avec les phénomènes actuels de surface en Basse-Provence* (*de Cassis à Bandol*), par Georges Kuhnholtz-Lordat;

par M. **Louis Fage** : *Faune des nids et des terriers en Basse Côte-d'Ivoire,* par Claude Delamare-Deboutteville et Renaud Paulian.

RENOUVELLEMENT ANNUEL
DU BUREAU ET DES COMMISSIONS ADMINISTRATIVES.

M. **Maurice de Broglie** est élu vice-président pour l'année 1953 par la majorité absolue des suffrages exprimés.

MM. **Émile Borel** et **Gabriel Bertrand** sont réélus Membres des Commissions administratives par la majorité absolue des suffrages exprimés.

ÉLECTIONS.

L'Académie procède, par la voie du scrutin, à l'élection d'un Membre de la Section d'Astronomie, en remplacement de M. *Bernard Lyot*, décédé.

Le nombre des votants étant 71, le scrutin donne les résultats suivants :

	1er tour	2e tour
	Nombre de suffrages.	
M. Jules Baillaud	33	39
M. Lucien d'Azambuja	18	27
M. Henri Mineur	11	2
M. Fernand Baldet	5	1
M. André Couder	2	–
M. Pierre Auger	2	–
Bulletins blancs	–	2

M. **Jules Baillaud**, ayant obtenu la majorité absolue des suffrages, est proclamé élu.

Son élection sera soumise à l'approbation du Gouvernement de la République.

DÉSIGNATIONS.

M. **Joseph Pérès** est désigné pour représenter l'Académie à l'inauguration d'un Médaillon à l'effigie de **Guido Castelnuovo**, dans le Salon des séances de l'Académie des « Lincei », à Rome, le 13 décembre 1952.

CORRESPONDANCE.

M. le **Ministre de l'Éducation Nationale** annonce la prochaine ouverture d'une exposition publique sur les activités en Terre Adélie et au Groënland des **Expéditions polaires françaises.**

M. le **Secrétaire perpétuel** signale parmi les pièces imprimées de la Correspondance :

1° *Le Cent-cinquantième anniversaire de la Société d'Encouragement pour l'Industrie Nationale et les problèmes actuels de l'Économie française*, 1801-1951.

2° Société médicale de Vals. *Journées du Diabète. Vals-les-Bains*, 14-18 *septembre* 1952. *Rapports.*

3° Id. *Le diabète et les eaux de Vals.* Plaquette éditée à l'occasion des Journées du Diabète, par les soins de la Société générale des Eaux minérales de Vals-Saint-Jean.

4° National Academy of sciences. National Research Council (Washington). *Development of international cooperation in science.* A Symposium held in conjunction with the Third Annual Meeting of the executive Board International Council of Scientific Unions. October 18, 1951, Washington.

5° Commissie voor Hydrologisch Onderzoek T. N. O. (La Haye). *Verslagen technische bijeenkomsten* (*Comptes rendus des sessions techniques*), 1-6.

THÉORIE DES NOMBRES. — *Sur les congruences du deuxième degré dans les corps algébriques.* Note (*) de M. **Eckford Cohen**, présentée par M. Jacques Hadamard.

Dans une Note [1] antérieure l'auteur a formulé un principe qui s'applique à la détermination du nombre des solutions d'une congruence dans un corps de nombres algébriques. L'objet de la présente Note est de donner une application de cette loi aux congruences quadratiques par rapport à un idéal impair.

Soit F une extension finie du corps rationnel, et soit A un idéal impair

(*) Séance du 10 novembre 1952.

[1] *Comptes rendus*, 234, 1952, p. 787.

entier de F, qui possède la décomposition $A = P_1^{\lambda_1} \ldots P_h^{\lambda_h}$, en produit de puissances d'idéaux premiers, $P_1, \ldots, P_h$. Soit ρ un entier quelconque de F et soit $\alpha_1, \ldots, \alpha_s$ des entiers de F premiers à A. Si l'on désigne par $\Psi_s(\rho, A)$ le nombre des solutions de la congruence

$$(1) \qquad \rho \equiv \alpha_1 \xi_1^2 + \ldots + \alpha_s \xi_s^2 \pmod{A},$$

il suit aisément que $\Psi_s(\rho, A) = \Psi_s(\rho, P_1^{\lambda_1}) \ldots \Psi_s(\rho, P_h^{\lambda_h})$. Donc il suffit de déterminer $\Psi_s(\rho, P^\lambda) = \Psi_s(\rho)$, c'est-à-dire, le nombre des solutions de

$$(2) \qquad \rho \equiv \alpha_1 \xi_1^2 + \ldots + \alpha_s \xi_s^2 \quad (\text{mod } P^\lambda\text{; P premier, impair}).$$

Soit P de degré f, $NP = p^f$, et soit t le plus grand entier $\leqq \lambda$ tel que $\rho \equiv 0 \pmod{P^t}$. On peut donc supposer que ρ est de la forme $\rho = \theta^t \mu$, où $\theta \equiv 0 \pmod{P}$, $\theta \not\equiv 0 \pmod{P^2}$, $(\mu, P) = 1$.

Nous nous bornons dans cette Note à l'énoncé des théorèmes principaux concernant la fonction Ψ_s; les démonstrations de ces résultats vont paraître dans un travail plus détaillé (2). Avant d'énoncer nos théorèmes, il faut introduire quelques notations. Posons

$$s = \begin{cases} 2m & (s \text{ pair}), \\ 2m+1 & (s \text{ impair}), \end{cases} \qquad t = \begin{cases} 2g & (t \text{ pair}), \\ 2g+1 & (t \text{ impair}); \end{cases}$$

$$\sigma = \left(\frac{(-1)^m \alpha_1 \ldots \alpha_s}{P}\right), \qquad \tau = \left(\frac{\mu}{P}\right)\sigma,$$

où les parenthèses indiquent le symbole de Legendre dans F;

$$L(t) = \begin{cases} 1 & (t \text{ impair}, \lambda > t), \\ 0 & (\text{dans le cas contraire}), \end{cases} \qquad L'(t) = \begin{cases} 1 & (t \text{ pair}, \lambda > t), \\ 0 & (\text{dans le cas contraire}); \end{cases}$$

$$\Gamma(t) = (1 - p^f)\left(\frac{1 - \sigma^t p^{ft(1-m)}}{1 - \sigma p^{f(1-m)}}\right), \qquad \Lambda(g) = (1 - p^f)\left(\frac{1 - p^{fg(2m-1)}}{1 - p^{f(2m-1)}}\right).$$

Posons, en outre, $\nu = \sigma p^{f(2m\lambda - \lambda - m)}$ et $\omega = p^{f(2m\lambda - 2gm + g)}$. Dans le cas où $s = 2m$, on a :

Théorème 1. — *Si* $m > 1$,

$$(3) \qquad \Psi_{2m}(\rho) = p^{f\lambda(2m-1)} - \nu\{\Gamma(t) + \eta(t) p^{ft(1-m)}\},$$

où $\eta(t) = \sigma^t$ *(ou* 0*) si* $0 \leqq t < \lambda$ *(resp.* $t = \lambda$*)*;

$$(4) \qquad \Psi_2(\rho) = p^{f\lambda} + p^{f(\lambda-1)}\{(p^f - 1)\chi(\sigma, t) - \sigma\eta(t)\},$$

où $\chi(\sigma, t) = t$, 0, *ou* -1, *suivant que* $\sigma = 1$, $\sigma = -1$ *(t pair), ou* $\sigma = -1$ *(t impair).*

De même on peut démontrer

Théorème 2. — *Pour tout* $m \geqq 1$,

$$(5) \qquad \Psi_{2m+1}(\rho) = p^{2m\lambda f} - \omega\{p^{-f}\Lambda(g) + p^{-2mf}L(t) - p^{-mf}\tau L'(t)\}.$$

(2) *Congruence representations in algebraic number fields* (à paraître dans les *Transactions of the American Mathematical Society*).

Ces deux théorèmes se déduisent du principe mentionné ci-dessus avec l'aide des généralisations algébriques des sommes de Gauss et de Ramanujan. Au moyen du théorème 2, on peut vérifier que tout entier ρ est représentable par une somme de trois carrés,

$$\rho \equiv \alpha_1\xi_1^2 + \alpha_2\xi_2^2 + \alpha_3\xi_3^2 \qquad (\text{mod}\, A),$$

où A est un idéal impair quelconque et $(\alpha_1, A) = (\alpha_2, A) = (\alpha_3, A) = 1$.

Remarque. — Si l'on suppose F rationnel, on peut déduire de ce qui précède quelques résultats pour les congruences ordinaires, en posant $f = 1$, $P = p$ et $\rho = p^t\mu$ dans (3), (4), (5), avec $0 < \rho \leqq p^\lambda$, $(\mu, p) = 1$.

ALGÈBRE. — *Sur les vecteurs dérivés des quasi-groupes unis.* Note de Mlle **Hélène Popova**, présentée par M. Paul Montel.

Un quasi-groupe Q est uni s'il est simple et n'a pas de sous-quasi-groupes autres que lui-même.

Soit $Q = (1, 2, \ldots, n)$ un quasi-groupe uni d'ordre fini n. Sa logarithmétique L_Q peut être représentée par un ensemble de vecteurs $\{1^x, 2^x, \ldots, n^x\}$ où x est n'importe quelle puissance non associative. Dans une Commuication antérieure [1], les éléments de L_Q ont été nommés *quasi-nombres*, la somme de deux quasi-nombres $\alpha = \{a_1, \ldots, a_n\}$ et $\beta\{b_1, \ldots, b_n\}$ a été définie par $\alpha + \beta = \{a_1 b_1, \ldots, a_n b_n\}$, et il a été montré que l'ordre de L_Q est une puissance de n, $N = n^k$. Considérons les sous-vecteurs de L_Q.

Théorème 1. — *L'ensemble* L' *de tous les sous-vecteurs* $\{1^x, \ldots, r^x\}$ *de quasi-nombres* $\{1^x, \ldots, r^x, \ldots, n^x\}$ *de* L_Q, *où x est une puissance non associative, est un quasi-groupe par rapport à l'addition. L'ordre de* L' *est une puissance de n.*

En effet, puisque L_Q est un quasi-groupe par rapport à l'addition, il en découle immédiatement que L' est aussi un quasi-groupe par rapport à l'addition. Le fait que l'ordre de L' est une puissance de n, résulte immédiatement de nos résultats antérieurs [2].

Le quasi-groupe qui se compose de toutes les puissances non associatives $\{1^x, \ldots, r^x\}$ d'un vecteur $\{1, \ldots, r\}$ sera appelé *quasi-groupe engendré* par $\{1, \ldots, r\}$.

Nous appellerons le sous-vecteur $\{1, 2, \ldots, r\}$ d'un vecteur $\{1, 2, \ldots, n\}$ de L_Q, *vecteur dérivé* de Q s'il engendre un quasi-groupe d'ordre n.

Théorème 2. — *Si* Q *est un quasi-groupe uni d'ordre n, et si* $Q_n(+)$ *est un quasi-groupe engendré par un vecteur dérivé de* Q, $Q_n(+)$ *est isomorphe à* Q.

En effet, soit $\{1, 2, \ldots, m\}$ le vecteur dérivé. Puisque Q est uni, 1 engendre Q,

(1) H. Popova, *Comptes rendus*, 234, 1952, p. 1936.

(2) Lemme 2, Théorèmes 8 et 9 (*Comptes rendus*, 234, 1952, p. 1936).

et les vecteurs de Q_n sont de la forme

$$\{1, \ldots\}, \quad \{2, \ldots\}, \quad \ldots, \quad \{n, \ldots\}.$$

En conséquence, il résulte de la définition de l'opération $(+)$ ci-dessus, que $i \rightleftharpoons \{i, \ldots\}$ est un isomorphisme, et que $Q_n \cong Q$.

LEMME. — *Si* $\{1, 2, \ldots, m, r\}$ *est un vecteur dérivé de* Q, *il s'ensuit que les vecteurs* $\{1, 2, \ldots, m\}, \ldots, \{1, 2\}$ *sont aussi des vecteurs dérivés de* Q.

Le nombre maximum d'éléments distincts de Q *capables de former un vecteur dérivé de* Q *sera appelé la portée de* Q *et désigné par* r.

THÉORÈME 3. — *Si* r *est la portée d'un quasi-groupe uni* Q, *tous les vecteurs dérivés de rang* $r\{1^x, \ldots, r^x\}$, *où* x *parcourt toutes les puissances non-associatives, peuvent être rassemblés en* n/r *classes deux à deux disjointes; chaque classe se compose de* r *vecteurs. Les vecteurs appartenant à deux classes distinctes n'ont aucun élément commun et les vecteurs appartenant à la même classe sont formés à partir de* r *permutations distinctes (les répétitions étant interdites) des mêmes* r *éléments.*

Puisque, d'après le théorème 1, le quasi-groupe Q_n engendré par $\{1, 2, \ldots, r\}$ est isomorphe à Q, les vecteurs de Q_n sont de la forme

$$(L') \qquad \{1, 2, \ldots, r\}, \quad \{2, d_{22}, \ldots, d_{2r}\}, \quad \ldots, \quad \{n, d_{n2}, \ldots, d_{nr}\}.$$

Leur matrice peut être écrite

$$L_r = \begin{bmatrix} 1 & 2 & i & r & r+1 & & n-k & & n \\ 2 & d_{22} & d_{i2} & d_{r2} & d_{r+1,2} & \ldots & d_{n-k,2} & \ldots & d_{n2} \\ \cdot & \cdots & \cdot\,\cdot & \cdots & \cdots\cdots & \cdots & \cdots\cdots & \cdots & \cdots \\ r & d_{2r} & d_{ir} & d_{rr} & d_{r+1,r} & & d_{n-k,r} & & d_{nr} \end{bmatrix},$$

Considérons les vecteurs $\{1, 2, \ldots, r\}, \ldots, \{r, d_{r2}, \ldots, d_{rr}\}$ et soit, par exemple, d_{i2} distinct de $1, 2, \ldots, r$. On peut alors montrer que le vecteur $\{1, \ldots, i, i, di_2, i+1, \ldots, r\}$ engendre un quasi-groupe d'ordre n, et par suite qu'il en est de même du vecteur $\{1, \ldots, i, d_{i2}, i+1, \ldots, r\}$, cela contredit la définition de la portée du quasi-groupe. Donc d_{i2} est un des éléments $1, 2, \ldots, r$.

Puisque le vecteur $\{i, d_{i2}, \ldots, d_{ir}\}$ engendre Q_n, il existe une puissance non associative x pour laquelle $\{i^x, d_{i2}^x, \ldots, d_{ir}^x\} = \{1, 2, \ldots, r\}$. Par suite $i, \ldots, d_{ir(i=1,\ldots,n)}$ sont tous distincts. D'autre part, puisque Q est uni, chaque ligne de L_r contient n éléments distincts de Q, et par suite, les éléments j, $dr_j, \ldots, dn_{j(j=1,\ldots,r)}$ sont tous distincts. Donc les r premières colonnes de L_r forment un carré latin des éléments $1, 2, \ldots, r$. Les éléments du vecteur $\{r+1, \ldots, d_{r+1,r}\}$ sont tous distincts de $1, 2, \ldots, r$. Par analogie avec ce qui a été montré plus haut, on peut établir que les r colonnes suivantes de L_r peuvent être disposées de façon à former un carré latin des éléments $r+1, \ldots, d_{r+1,r}$, etc. Procédant de façon analogue nous rassemblons les

éléments de Q en classes deux à deux disjointes

$$(1, 2, \ldots, r), \quad (r+1, \ldots, 2r), \quad \ldots, \quad (n-k, \ldots, n).$$

Chacune de ces classes forme r vecteurs dérivés engendrant Q_n. Comme ci-dessus les éléments du vecteur $\{n-k, \ldots, n\}$ sont tous distincts et doivent être distincts de $1, 2, \ldots, n-k-1$, ce qui n'est possible que si $k=r$. Il s'ensuit que n est un multiple de r.

Corollaire 1. — *Si le quasi-groupe uni* Q *est de portée r et d'ordre n, n est un multiple de r, et tous les éléments de* Q *peuvent être rassemblés en n/r classes, deux à deux disjointes, chacune d'elles consistant en r éléments qui forment des vecteurs dérivés de* Q.

Corollaire 2. — *L'ordre de la logarithmétique d'un quasi-groupe uni d'ordre n et de portée r, ne peut être plus grand que* $n^{n/r}$.

CALCUL DES PROBABILITÉS. — *Quelques remarques sur les processus stochastiques. Le processus stochastique dans une population.* Note (*) de M. **Matthias Matschinski**, présentée par M. Émile Borel.

Dans la présente Note l'auteur établit quelques conditions relatives aux processus stochastiques et les équations générales (✶) de ces processus, en se basant uniquement sur la définition classique de la probabilité, rapport entre le nombre des cas « favorables » et le nombre de « tous » les cas.

1. Considérons la « probabilité » $W(x_i;\ \xi_i)$ d'un état « postérieur » x_i « succédant » à un état « antérieur » ξ_i; les états sont caractérisés par une variable x (ou ξ) ou par plusieurs variables $x_1, x_2 \ldots$ (ou $\xi_1, \xi_2 \ldots$) qui peuvent être les coordonnées, le temps ou d'autres indices, plus ou moins arbitraires. Par définition de la probabilité, on a (A) : $W(x_1, x_2, \ldots, x_{k-1};\ \xi_1, \xi_2, \ldots, \xi_{k-1}) = N\int_{V_k} \ldots \int_{V_k} W(x_1, x_2, \ldots, x_{k-1}, x_k;\ \xi_1, \xi_2, \ldots, \xi_{k-1}, \xi_k)\, dx_k\, d\xi_k$, où N un multiplicateur ne dépendant que de la grandeur v_k, domaine des états considérés. C'est pourquoi, si l'état est déterminé par n variables, on peut parler de la probabilité *différentielle :* $W(x_1, x_2, \ldots, x_n;\ \xi_1, \xi_2, \ldots, \xi_n)$ et des probabilités *intégrales* ou *moyennes* : $W(x_1, x_2, \ldots, x_{n-1};\ \xi_1, \xi_2, \ldots, \xi_{n-1}), \ldots, W(x_1, x_2, \ldots, x_{n-m};\ \xi_1, \xi_2, \ldots, \xi_{n-m}), \ldots, W(x_1, x_2, x_3;\ \xi_1, \xi_2, \varsigma_3)$, $W(x_1, x_2;\ \xi_1, \xi_2)$, $W(x;\ \xi)$. Commençons par cette dernière.

2. La probabilité $W(x;\ \xi)$ doit évidemment satisfaire à l'équation (B) : $W(x;\ \xi) = W(x;\ r).W(r;\ \xi)$ qui n'est qu'un corrolaire très simple du théorème de multiplication des probabilités. Cette équation peut être également considérée comme l'équation de Chapman-Kolmogoroff dégénérée.

(*) Séance du 24 novembre 1952.

D'autre part, par définition de la probabilité : $W(x; \xi) = Q(x) : Q(\xi)$. Les grandeurs Q sont les « nombres des cas » de la définition; ils sont finis, quoique très grands, pour les sciences concrètes, et ils tendent vers l'infini dans les modèles des sciences théoriques où l'on considère des séries infinies de cas ou même un continuum. La condition nécessaire d'existence de la probabilité $W(x; \xi)$ est que les grandeurs Q soient de la forme : $Q(x) = \omega . q(x)$, $Q(\xi) = \omega . q(\xi)$ où ω est la seule grandeur tendant vers l'infini, tandis que $q(x)$, $q(\xi)$ — les « nombres relatifs des cas » — sont essentiellement finis. Par définition q est représentée par la fonction unique; seuls les arguments diffèrent dans $q(x)$ et $q(\xi)$. La forme (C) : $W(x; \xi) = q(x) : q(\xi)$ est primordiale, elle satisfait à l'équation (B), d'où résulte le théorème suivant : I. *Seules les solutions de* (B) *ayant la forme* (C) *représentent les processus stochastiques.* La probabilité d'un état de n'importe quel processus stochastique satisfait toujours à l'équation (B); mais, si la solution de (B) ayant la forme (C) est trouvée, elle ne représente rien.

3. Voici un exemple. Soit v une population, dont les membres sont caractérisés par leur « état » : l'âge t. Soit $q(t)$ [égal en ce cas à $Q(t)$] le nombre des membres ayant l'âge t définit à une unité près. La probabilité du processus stochastique $W(t, \tau)$, probabilité pour un individuum de l'âge τ de survivre jusqu'à l'âge t, est par définition (D) : $W(t; \tau) = q(t) : q(\tau)$; elle satisfait nécessairement à l'équation dégénérée de Chapman-Kolmogoroff (B). Mais si l'on trouve une solution de (B) n'ayant pas la forme (D), cette solution n'a pas de sens, elle ne décrit aucune survivance, elle ne détermine aucun processus stochastique dans la population considérée. Pour cette raison il est vain de s'efforcer à résoudre l'équation (B); si l'on obtient la solution rentrant dans (D), cette solution a été toujours donnée d'avance; si l'on obtient la solution sortant des cadres de (D), elle est fausse du point de vue de la théorie de la probabilité.

4. Considérons maintenant $W(x, y; \xi, \eta)$ la probabilité différentielle de l'état dans un processus déterminé par deux variables ou la probabilité moyenne dépendant de deux variables dans un processus déterminé par plus de deux variables. Soit $W(x, y; \xi, \eta)(dy/v_y)$ la probabilité correspondant aux états entre y et $y + dy$; v_y est le « domaine » de la variable (*voir* § 2). A l'aide des théorèmes d'addition et de multiplication on obtient facilement l'équation Chapman-Kolmogoroff dans sa forme normale, non degénérée (E) : $W(x, y; \xi, \eta) = \int_{v_s} W(x, y; r, s)\, W(r, s; \xi, \eta)(ds/v_s)$; chaque $W(x, y; \xi, \eta)$ de la théorie de la probabilité doit y satisfaire. Or, comme nous l'avons fait remarquer plus haut, la fonction $W(x, y; \xi, \eta)$ est par définition $W(x, y; \xi, \eta) = Q(x, y) : Q(\xi, \eta)$, où Q sont de nouveau les « nombres des cas » (« les nombres des membres de la population », *voir* § 3). Si les grandeurs $Q(x, y)$ et $Q(\xi, \eta)$ ne sont pas finies, on introduit, comme on a fait

dans le paragraphe 2, les auxiliaires : $q(x, y) = Q(x, y) : \omega$ et $q(\xi, \eta) = Q(\xi, \eta) : \omega$. On trouve (F) : $W(x, y; \xi, \eta) = q(x, y) : q(\xi, \eta)$ où les grandeurs $q(x, y)$ et $q(\xi, \eta)$ sont essentiellement finies. Pour la fonction q, la remarque du paragraphe 2 est également valable. Cette forme (F) est primordiale et il existe le théorème : II. *Seules les solutions de* (E) *ayant les formes* (F) *décrivent les processus stochastiques; toutes les autres solutions n'ont aucun sens probabiliste.*

5. Mais, si pour des états dépendant d'une seule variable, chaque fonction q, soumise à certaines conditions, décrit un processus stochastique possible, ce n'est pas le cas, pour des états dépendant de plusieurs variables. En effet, se limitant aux domaines v finis (le cas des domaines infinis nécessite un calcul spécial) et intercalant (F) dans (A), on trouve

$$(\star) \qquad \int_v q(x, y)\, dx \int_v \frac{dx}{q(x, y)} = \frac{1}{N}, \qquad \int_v q(x, y)\, dy \int_v \frac{dy}{q(x, y)} = \frac{1}{N};$$

équations générales des processus stochastiques pour les états dépendant de deux variables. Enfin, pour n variables $W(x_i; \xi_i) = q(x_i) : q(\xi_i)$, on a $2^n - 2$ équations :

$$\int_v \cdots \int_v q(x_i) \prod_k dx_i k \int_v \cdots \int_v \frac{\prod_k dx_i}{q(x_i)} = \frac{1}{N_k};$$

p. ex. : pour $n = 3$, on a

$$\int_v q(x_i)\, dx_k \int_v \frac{dx_k}{q(x_i)} = \frac{1}{N_1}, \qquad \ldots,$$

$$\int_v \cdots \int_v q(x_i)\, dx_k\, dx_m \int_v \cdots \int_v \frac{dx_k\, dx_m}{q(x_i)} = \frac{1}{N_2}, \qquad \ldots.$$

CALCUL DES PROBABILITÉS. — *Sur une classe de fonctions aléatoires.* Note de M. **Georges Morlat**, présentée par M. Émile Borel.

Dans une Note récente ([1]) nous avons introduit des processus stochastiques (répartitions d'événements sur la droite) que nous désignerons désormais par « processus A 1 ».

Nous définirons un « processus A 2 » de la façon suivante : étant données deux fonctions de répartition, $F(u)$ et $G(v)$, on construira une fonction $x(t)$ prenant par intervalles, et alternativement, les valeurs 1 et 0, les intervalles sur lesquels $x(t) = 1$ [resp. $x(t) = 0$] ayant pour loi de probabilité $F(u)$ [(resp. $G(v)$]; de plus, les intervalles successifs sont stochastiquement indépendants. Un processus A 2 est une fonction aléatoire variant par sauts

([1]) *Comptes rendus*, 235, 1952, p. 933.

alternativement croissants et décroissants. Remarquons que la répartition de chaque espèce de sauts constitue un processus A 1.

Les processus A 2 pourront trouver des applications directes dans l'étude des pannes de fonctionnement d'un appareil [les intervalles U dans lesquels $x(t) = 1$ représentant les durées de fonctionnement et les intervalles V dans lesquels $x(t) = 0$ représentant les durées d'indisponibilité]. Il pourra être commode d'envisager en particulier des processus A 2 poissonniens, c'est-à-dire définis par des fonctions de répartition $F(u)$ et $G(v)$ telles que la répartition de $U + V$ soit une demi-loi de Laplace. On obtient un tel résultat en prenant par exemple pour F et G des lois III de Pearson dont la somme des indices égale l'unité : la répartition des débuts de pannes est alors poissonnienne.

Cette Note a pour but de montrer comment les processus A 2 permettent de construire une classe de fonctions aléatoires douée de propriétés intéressantes.

La fonction $x(t)$ étant un processus A 2 défini par deux variables aléatoires U et V, nous appellerons « processus réduit associé à $x(t)$ » la fonction

$$\xi(t) = \frac{x(t) - p}{\sqrt{p(1-p)}} \qquad \text{en posant} \qquad p = \frac{E(U)}{E(U) + E(V)}.$$

Envisageons maintenant n réalisations indépendantes de $\xi(t)$, soient

$$\xi_1(t), \quad \xi_2(t), \quad \ldots, \quad \xi_n(t)$$

et considérons la fonction aléatoire

$$\Xi_n(t) = \frac{\xi_1(t) + \xi_2(t) + \ldots + \xi_n(t)}{\sqrt{n}}.$$

Si l'on fait croître n indéfiniment, la fonction aléatoire $\Xi_n(t)$ a pour limite une fonction aléatoire $\Xi(t)$ dont nous nous bornerons à énumérer quelques propriétés.

La valeur de la fonction $\Xi(t)$, à un instant fixé quelconque, est une variable aléatoire normale, de moyenne nulle, d'écart type unité.

Il y a une probabilité égale à 1 que $\Xi(t)$ soit continue pour toute valeur de t.

La covariance de $\Xi(t)$ est toujours positive et peut s'écrire

$$\rho(h) = E[\Xi(t)\,\Xi(t+h)] = \operatorname{cov}[\xi(t)] = \frac{P(h) - p^2}{p(1-p)}$$

avec

$$P(h) = \text{Prob}\,\{\xi(t) = 1) \qquad \text{et} \qquad \xi(t+h) = 1\}.$$

On a d'ailleurs

$$(1) \qquad P(h) = p\,\{\,p_0(h) + p_1(h) + \ldots + p_n(h) + \ldots\,\}$$

la série $\sum_n p_n(h)$ étant toujours convergente, ses termes ayant pour expressions

$$p_0(h) = \frac{1}{\bar{u}}\int_h^{\infty} (u-h)\, d\mathrm{F}(u),$$

$$\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots,$$

$$p_n(h) = \int_0^h \frac{1-\mathrm{F}(u_1)}{\bar{u}}\, du_1 \int_0^{h-u_1} d\mathrm{G}(v_1) \int^{h-u_1-v_1} d\mathrm{F}(u_2)$$
$$\times \int \cdot \cdot \int_0^{h-u_1-\ldots-u_n} d\mathrm{G}(v_n) \int_{h-u_1\ldots-u_n-v_n}^{\infty} d\mathrm{F}(u_{n+1}),$$

$p_n(h)$ est la probabilité que, $x(t)$ étant égal à 1, $x(t+h)$ soit encore égal à 1 avec, entre t et $t+h$, n intervalles exactement dans lesquels la fonction x s'annule.

Dans le cas particulier où le processus A2 de départ est un processus doublement laplacien symétrique, nous entendons par là que les lois $\mathrm{F}(u)$ et $\mathrm{G}(v)$ qui le définissent sont des demi-premières lois de Laplace de même valeur moyenne, alors on trouve que la covariance se réduit à

$$\rho(h) = 2\sum_{n=0}^{\infty} \frac{1}{(2n)!}\left(\frac{h}{\tau}\right)^{2n} e^{-\frac{h}{\tau}} - 1 = e^{-2\frac{h}{\tau}}.$$

La fonction $\Xi(t)$ qui dérive de ce processus est donc une chaîne normale simple.

Dans le cas général, on montre sans peine que la partie principale de $\rho(h)$, pour h petit, est obtenue en conservant seulement le premier terme de la série (1), soit

$$\rho(h) \sim \frac{\int_h^{\infty} (u-h)\, d\mathrm{F}(u)}{\bar{u}(1-p)} - \frac{p}{1-p},$$

et l'on en déduit que $(d\rho/dh)_{h=0} = -[1/\mathrm{T}p(1-p)]\,[\mathrm{T} = \mathrm{E(U)} + \mathrm{E(V)}]$ ce qui montre qu'une fonction de la classe $\Xi(t)$ que nous avons définie ne saurait être dérivable en aucun cas ([2]).

MÉCANIQUE DES FLUIDES. — *Étude expérimentale d'un écoulement radial de fluide visqueux entre deux plans parallèles.* Note (*) de M. **Raymond Comolet**, présentée par M. Joseph Pérès.

Dans une précédente Note ([1]) nous avons établi moyennant certaines

([2]) *Voir* J. Bass, *Les méthodes modernes du Calcul des Probabilités*, Chap. 8.

(*) Séance du 17 novembre 1952.

([1]) *Comptes rendus*, 235, 1952, p. 1190.

hypothèses simples, la formule théorique suivante :

(1) $$M : \frac{\pi d^3}{6\mu}\frac{n}{n+1}\frac{P_1^2}{rT_0}\alpha^2\left(1-\frac{1}{\alpha^{\frac{n+1}{n}}}\right)\frac{1}{\operatorname{Log}\frac{r_1}{r_2}}$$

pour le débit.

La comparaison avec les faits expérimentaux implique les démarches suivantes :

1° *Détermination de n.*

Nous avons utilisé un débitmètre associé à un micromanomètre de précision dont l'indication h est proportionnelle au débit M à mesurer. Dans une série d'expériences où seule la pression amont varie nous pouvons écrire :

$$h = K\frac{n}{n+1}\left(\alpha^2-\alpha^{1-\frac{1}{n}}\right);$$

K est un coefficient numérique.

En appelant z la dérivée de h par rapport à α, et z_1 la valeur de z pour $\alpha = 1$, nous avons

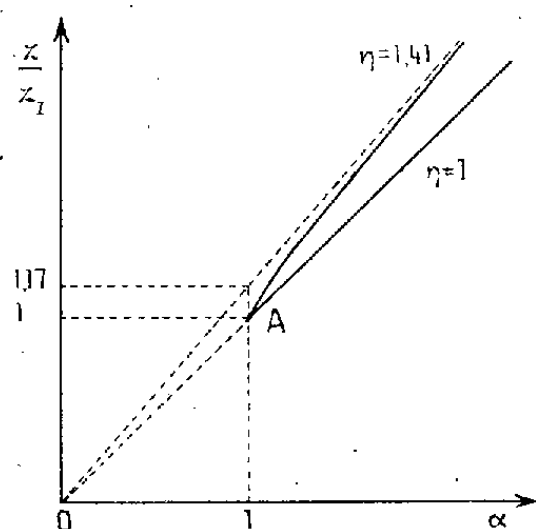
$$\frac{z}{z_1} = \frac{2\alpha n}{n+1}\left(1-\frac{n-1}{2n}\frac{1}{\alpha^{\frac{n+1}{n}}}\right).$$

En écoulement isotherme $n=1$, nous aurions $z/z_1 = \alpha$.

En écoulement adiabatique ($n = 1,41$ pour l'air) :

$$\frac{z}{z_1} = 1,17\alpha\left(1-0,145\frac{1}{\alpha^{1,71}}\right).$$

La figure donne les courbes représentatives de ces deux écoulements particuliers.



Tant que la distance d reste petite, les points obtenus expérimentalement s'alignent sur la courbe (qui est une droite) correspondant à $n = 1$.

L'écoulement est donc isotherme et la formule du début

(2) $$M = \frac{\pi d^3}{12\mu}\frac{1}{rT_0}\frac{P_0^2-P_1^2}{\operatorname{Log}\frac{r_1}{r_0}}.$$

2° *Proportionnalité de* M *à* d^3. — La distance d séparant les deux plans est mesurée par un procédé interférométrique, le passage d'une frange correspond à une variation d'épaisseur de $\lambda/2 = 0,27305$ micron. En appelant N le nombre de franges ayant défilé dans la lunette d'observation à partir du contact mécanique des deux plans, K un nouveau coefficient numérique, nous devons vérifier la loi

$$h = K(N + \beta)^3 \quad \text{en posant} \quad d = N + \beta.$$

Le coefficient β mesure une épaisseur, exprimée en nombre de franges, il traduit le fait que le contact mécanique ne correspond pas à une distance d nulle des deux plans en raison des défauts de surface inévitables (fines rayures, aspérités, etc.) permettant le passage d'un faible débit d'air mesuré par la dénivellation h_0. La quantité β est l'épaisseur qui correspond au passage de ce débit résiduel.

Quand N et P_0 varient, on constate expérimentalement que le rapport

$$\beta = \frac{N}{\sqrt[3]{\frac{h}{h_0}} - 1}$$

reste sensiblement constant.

On peut alors calculer le rapport $K = (h/d^3)$. Pour une pression amont donnée, l'expérience montre bien qu'il est constant quand d varie. On peut également vérifier que sa valeur est proportionnelle à $P_0^2 - P_1^2$.

Le tableau suivant donne les moyennes de valeurs obtenues sur deux séries d'expériences. L'air arrivait par un trou circulaire de diamètre $2r_0 = 0,7$ mm percé au centre de l'une des deux faces en regard. Ces faces étaient circulaires, d'un diamètre $2r_1 = 9,4$ mm. Nous avons fait varier N de 0 à 30 franges environ.

	$P_0 - P_1$ (mm Hg).	β (franges).	$K = \frac{h}{d^3}$.	$H = \frac{K}{P_0^2 - P_1^2}$.
$2r_1 = 9,4$ mm	50,7	68	6,37	8,0
$P_1 = 757$ mm Hg	23,2	70	32,8	8,1
$2r'_1 = 1,7$ mm .... $P_1 = 757$ mm Hg	115	20	42,8	22,8

Les nombres indiqués dans les deux dernières colonnes sont exprimés en unités arbitraires.

3° *Proportionnalité de* M *à* $1/\text{Log}(r_1/r_0)$. — La quantité H calculée dans le tableau précédent ne dépend ni de la distance d, ni de $P_2^0 - P_1^2$. Les conditions de température étant les mêmes, H doit être proportionnel à $1/\text{Log}(r_1/r_0)$.

Nous avons donc réalisé une autre série d'expériences avec le même dispositif, mais en réduisant à $2r'_1 = 1,7$ mm le diamètre des faces en regard. Nous

avons ainsi

$$\frac{\mathrm{Log}\,\frac{r_1}{r_0}}{\mathrm{Log}\,\frac{r'_1}{r_0}}=2{,}93 \qquad \text{pour} \quad \frac{r_1}{r'_1}=5{,}53.$$

La dernière ligne du tableau précédent donne les résultats obtenus.

En prenant la valeur moyenne $H_1=8{,}05$ dans le premier cas, et la valeur $H_2=22{,}8$ dans le deuxième, le rapport $H_2/H_1=2{,}83$ est très voisin de la valeur théorique 2,93.

Les hypothèses introduites dans les calculs se trouvent donc vérifiées. Sous réserve que l'écoulement visqueux soit laminaire, on peut exprimer le débit en masse par la formule (2).

ASTROPHYSIQUE. — *Ondes de compression dans une atmosphère en équilibre radiatif.* Note de Mme **Perrine Dumézil-Curien**, présentée par M. André Danjon.

Les ondes de compression engendrent une pression de radiation acoustique dont les variations avec la profondeur créent une gravité effective supérieure à la gravité réelle dans une portion appréciable de l'atmosphère.

On reprend les hypothèses de M. E. Schatzman (1); (2) suivant lesquelles :

1° La turbulence régnant dans la zone convective de certaines étoiles engendre des ondes de compression qui se propagent vers la surface dans la zone radiative;

2° le flux d'énergie mécanique est proportionnel au flux total.

On suppose que les ondes de compression sont planes, sinusoïdales et qu'elles se propagent dans la direction du rayon de l'étoile : la vitesse de propagation des ondes décroissant vers la surface, la réfraction des rayons acoustiques tend à les rendre parallèles au rayon de l'étoile, ce qui justifie dans une certaine mesure l'hypothèse précédente, surtout si la zone radiative est épaisse. On a donc

$$F_{\text{méc}}=\rho V\overline{u^2}=\xi F; \tag{1}$$

V est la vitesse de propagation du son $=V_0(T/T_0)^{1/2}$ pour des ondes de faible amplitude; u est la vitesse locale du fluide.

Ces ondes de compression entraînent l'existence d'une pression de radiation acoustique croissant vers la surface (du moins tant que l'approximation $u \ll V$

(1) *Comptes rendus*, 228, 1949, p. 814.

(2) *Comptes rendus*, 234, 1952, p. 1349.

est légitime) :

$$p_a = \rho \overline{u^2} = \frac{\xi F}{V}. \tag{2}$$

Ceci se traduit dans l'équation d'équilibre hydrostatique par l'apparition d'une *gravité effective supérieure à la gravité réelle*

$$\frac{dp}{d\tau} = \frac{g}{\overline{\chi}}\left[1 - \frac{\overline{\chi}}{g}\frac{dp_a}{d\tau}\right] = \frac{g}{\overline{\chi}}\left[1 + \frac{1}{2}\frac{\overline{\chi}p_a}{g}\frac{d\log T}{d\tau}\right] = \frac{g_{eff}}{\overline{\chi}}. \tag{3}$$

Si ξ est assez petit, on peut conserver l'équation de l'équilibre radiatif $T^4 = T_0^4(1 + \sqrt{3}\tau)$; on trouve

$$g_{eff} = g\left[1 + \frac{\sqrt{3}}{8}\frac{\xi F}{g V_0}\overline{\chi}(1 + \sqrt{3}\tau)^{-\frac{9}{8}}\right]. \tag{4}$$

On a calculé ainsi la zone radiative d'une géante rouge ($g = \sqrt{3}.10^2$; $T_0 = 4375°$); on a pris $\xi = (1/25)$ [1] et l'on s'est placé dans le cas où la zone radiative est optiquement très profonde, la zone convective n'apparaissant qu'au début de l'ionisation de l'hélium II.

Pression gazeuse p.	$\frac{g_{eff}}{g}\left(\xi = \frac{1}{25}\right)$.	$\tau\left(\xi = \frac{1}{25}\right)$.	$\tau(\xi = 0)$.
4.10^3	1,06	0,3	0,3
6 »	1,06	0,6	0,6
8 »	1,09	1,2	1,2
9 »	1,12	1,8	1,9
10^4	1,22	3,1	4,0
$1,03.10^4$	1,31	3,9	6,8
1,05 »	1,43	4,7	24,8
1,07 »	1,67	6,2	67,9
1,08 »	1,88	7,3	80,7
1,09 »	2,19	8,8	91,3
1,1 »	2,62	11,1	100,6
1,12 »	3,73	19,2	116,8
1,15 »	2,33	44,7	137,5
1,2 »	1,23	93,8	166,5
1,3 »	1,07	162,7	214,3
1,5 »	1,03	256,2	292,9

PHYSIQUE MATHÉMATIQUE. — *Sur la conservation de la charge.* Note de M. **André Régnier**, présentée par M. Louis de Broglie.

Les équations de Schrödinger (une ou plusieurs particules), du méson scalaire, de Dirac, du méson vectoriel, possèdent en commun deux propriétés.

1° L'évolution au cours du temps des fonctions d'onde (pour les équations du premier ordre par rapport au temps) ou du système des fonctions d'onde et de leurs dérivées par rapport au temps (pour les équations du second ordre

par rapport au temps) s'exprime par un semi-groupe de transformations linéaires.

2° Pour chacune il existe un courant et une densité entre lesquels l'équation établit la condition de continuité. Ce qu'on appelle généralement « conservation de la charge ».

Cette proposition possède une réciproque, à savoir que si l'on introduit des courants et des densités exprimés à partir des fonctions d'onde suivant les formules usuelles et qu'on cherche des équations possédant la propriété (1) et impliquant la condition de continuité, on retrouve les équations traditionnelles; les termes qui y expriment les forces extérieures demeurant bien entendu arbitraires.

Considérons en effet l'espace multifonctionnel des états ψ de composantes ψ_α $(\alpha=1, \ldots, p)$. Ces ψ_α étant des fonctions de carré sommable de $(x_1, \ldots, x_n)$. La quantité complexe conjuguée de z étant notée z^*, le produit scalaire est défini par :

$$\langle \varphi, \psi \rangle = \sum_\alpha \int \varphi_\alpha^* \psi_\alpha \, dx_1 \ldots dx_n.$$

Soit une fonction $L(\psi, \psi^*)$ des ψ_α, ψ_α^*, $\partial\psi_\alpha/\partial x_k$, $\partial\psi_\alpha^*/\partial x_k$, possédant les propriétés suivantes :

a. Si λ est une constante réelle, on a $L(\psi, \psi^*) = L(e^{i\lambda}\psi, e^{-i\lambda}\psi^*)$ (invariance de jauge de première espèce);

b.
$$\frac{\partial L}{\partial \psi_\alpha^*} = \left(\frac{\partial L}{\partial \psi_\alpha}\right)^*, \qquad \frac{\partial L}{\partial \dfrac{\partial \psi_\alpha^*}{\partial x_k}} = \left(\frac{\partial L}{\partial \dfrac{\partial \psi_\alpha}{\partial x_k}}\right)^*;$$

c. $\partial L/[\partial(\partial\psi_\alpha/\partial x_k)]$, $\partial L/\partial\psi_\alpha$ dépendent linéairement de ψ, ψ^* et de leurs dérivées.

Considérons les quantités

$$S_k = -i \sum_\alpha \left[\psi_\alpha \frac{\partial L}{\partial \dfrac{\partial \psi_\alpha}{\partial x_k}} - \psi_\alpha^* \frac{\partial L}{\partial \dfrac{\partial \psi_\alpha^*}{\partial x_k}} \right].$$

Elles sont réelles d'après (*b*). $\sum_k \partial S_k/\partial x_k$ s'écrit, en ajoutant et en retranchant $\sum_\alpha [\psi_\alpha(\partial L/\partial\psi_\alpha) - \psi_\alpha^*(\partial L/\partial\psi_\alpha^*)]$:

$$i\sum_\alpha \psi_\alpha^* \left[\sum_k \frac{\partial}{\partial x_k} \frac{\partial L}{\partial \dfrac{\partial \psi_\alpha^*}{\partial x_k}} - \frac{\partial L}{\partial \psi_\alpha^*} \right] - i\sum_\alpha \psi_\alpha \left[\sum_k \frac{\partial}{\partial x_k} \frac{\partial L}{\partial \dfrac{\partial \psi_\alpha}{\partial x_k}} - \frac{\partial L}{\partial \psi_\alpha} \right],$$

$$-i\sum_\alpha \sum_k \left[\frac{\partial L}{\partial \dfrac{\partial \psi_\alpha}{\partial x_k}} \frac{\partial \psi_\alpha}{\partial x_k} + \frac{\partial L}{\partial \psi_\alpha} \psi_\alpha - \frac{\partial L}{\partial \dfrac{\partial \psi_\alpha^*}{\partial x_k}} \frac{\partial \psi_\alpha^*}{\partial x_k} - \frac{\partial L}{\partial \psi_\alpha^*} \psi_\alpha^* \right].$$

La dernière somme est la valeur pour $\lambda = 0$ de la dérivée en λ de $L(e^{i\lambda}\psi, e^{-i\lambda}\psi^*)$. Elle est nulle d'après (*a*). Par ailleurs, d'après (*b*) les

crochets des deux premières sommes sont conjugués l'un de l'autre pour chaque k et chaque α. Poser $\sum_k \partial S_k/\partial x_k = 0$ revient donc à écrire que

$$(1) \qquad \sum_\alpha \psi_\alpha^* \left[\sum_k \frac{\partial}{\partial x_k} \frac{\partial L}{\partial \frac{\partial \psi_\alpha^*}{\partial x_k}} - \frac{\partial L}{\partial \psi_\alpha^*} \right]$$

est imaginaire pure. D'après (1) et (c) on peut considérer chacun de ces crochets comme la $j^{\text{ième}}$ composante du transformé de ψ par un certain opérateur linéaire A. Considérons alors un ensemble quelconque de l'espace des $(x_1, \ldots, x_n)$. La multiplication de ψ par la fonction caractéristique de cet ensemble définit un projecteur P. En intégrant (1) sur cet ensemble nous obtenons $\langle P\psi, A\psi \rangle$ qui s'écrit aussi bien $\langle \psi, PA\psi \rangle$. $\sum_k \partial S_k/\partial x_n = 0$ s'exprimera donc par le fait que cette dernière quantité est imaginaire pure, c'est-à-dire que A est un opérateur antihermitien « commutant avec les x_k ». Finalement les équations sur la fonction d'onde qui vérifient I et impliquent $\sum_k \partial S_k/\partial x_k = 0$ sont, tenant compte de (b), de la forme

$$\sum_k \frac{\partial}{\partial x_k} \frac{\partial L}{\partial \frac{\partial \psi_\alpha^*}{\partial x_k}} - \frac{\partial L}{\partial \psi_\alpha} = i \sum_\beta B_{\alpha\beta} \psi_\beta,$$

où les $B_{\alpha\beta}$ sont des fonctions de $(x_1, \ldots, x_n)$ formant une matrice hermitienne. Les équations correspondantes sur ψ^* étant les complexes conjugués de celles ci-dessus écrites.

Les équations quantiques dérivent de lagrangiens L possédant les propriétés (a), (b), (c), les courants y relatifs étant fournis par les expressions correspondantes des S_k, ce qui démontre notre assertion.

On remarquera que les termes arbitraires peuvent être ensuite considérablement précisés par le théorème d'Ehrenfest dans l'interprétation probabiliste, ou par les hypothèses de la Théorie causale, selon lesquelles les particules suivent réellement les lignes du courant S_k.

PHYSIQUE MATHÉMATIQUE. — *Mécanique ondulatoire dans l'espace de configuration.* Note de M. **Jean-Pierre Vigier**, présentée par M. Louis de Broglie.

L'emploi de la théorie unitaire [1] et du théorème établi par M. Régnier, sur la conservation de la charge [2], permet de justifier les hypothèses introduites par M. Louis de Broglie [3], pour démontrer la validité de l'équation de Schrödinger a plusieurs particules dans la nouvelle interprétation.

(1) J. P. Vigier, *Comptes rendus*, 235, 1952, p. 1107.

(2) A. Régnier, *Comptes rendus*, 235, 1952, p. 1370.

(3) L. de Broglie, *Comptes rendus*, 235, 1952, p. 1345, dont nous utilisons les notations et désignons les formules (n) par les symboles B(n).

L'emploi de la théorie unitaire permet de compléter les considérations développées par M. Louis de Broglie, pour retrouver l'équation de Schrödinger dans la nouvelle interprétation.

Comme M. de Broglie, nous nous limiterons au cas de deux particules chargées, à l'approximation newtonienne, en négligeant les effets de spin.

A. Conformément à cette théorie, nous pouvons lier ces particules (numérotées 1 et 2) à deux ondes à singularité $U_j (j=1, 2)$

$$(1) \qquad U_j = \left(a_j + \frac{b_j}{r_j}\right) e^{+i\frac{\varphi_j}{\hbar}} = \Phi_j + \frac{b_j}{r_j} e^{-i\frac{\varphi_j}{\hbar}},$$

telles que l'on ait :

$$(2) \qquad \begin{cases} g_{\mu\nu} = \overset{\circ}{g}_{\mu\nu}(\Phi_j \Phi_j^\dagger) - \sum_j \varepsilon_{\mu\nu} \cdot \dfrac{e m_j \gamma}{r_j}, \\ \text{avec sur les deux trajectoires singulières } L_j : \\ \overset{\circ}{g}_{\mu\nu}(L_j) = \varepsilon_{\mu\nu} + 2 Q_j U_{j\mu} U_{j\nu} - \varepsilon (A_{j\mu} U_{j\nu} + A_{j\nu} U_{j\mu}), \end{cases}$$

où Q_j désigne les potentiels quantiques appliqués à la particule j, r_j représente la distance d'univers la plus courte entre le point courant et L_j, $A_{j\mu}$ et $U_{j\mu}$ les composantes du champ électromagnétique agissant sur la particule j ($A_1 = F_1 + F_{12}$ par exemple) et de la vitesse d'univers de la particule j.

Ceci entraîne, comme nous l'avons vu, que les lignes du courant $U_{j\mu}$ suivent des géodésiques de la métrique continue $\overset{\circ}{g}_{\mu\nu}$ pourvu que les $g_{\mu\nu}$ satisfassent aux équations relativistes

$$(3) \qquad R_{\mu\nu} - \frac{1}{2} g_{\mu\nu} R = -8\pi\gamma T_{\mu\nu}.$$

B. Nous allons ensuite simplifier l'étude de leurs mouvements :

1° En remarquant avec M. de Broglie que si l'on introduit les coordonnées $\vec{R}_1$ et $\vec{R}_2$ des deux lignes singulières on peut admettre, au moins à l'approximation newtonienne, qu'il existe pour chaque particule une fonction de Jacobi φ_j dont le gradient est colinéaire à l'impulsion ; ce que nous écrirons

$$(4) \qquad m_j \vec{V}_j = -\overrightarrow{\text{grad}}_j \varphi_j.$$

2° En généralisant au cas considéré le procédé utilisé pour décrire l'ensemble des mouvements possibles d'une particule ; c'est-à-dire en construisant une onde enveloppe Ψ_{L_2} qui L_2 étant fixe enveloppe dans l'espace réel les ondes Φ_1 attachées à toutes les trajectoires L_1 possibles compatibles avec L_2.

A cause de 1° on admettra que φ_{L_2} existe toujours qui satisfera pour tout R_1 à (4).

On voit de suite qu'il est impossible en général de construire dans l'espace réel une phase unique $\varphi(\vec{R}_1, \vec{R}_2, t)$ qui satisfasse à (4).

On passe donc obligatoirement à l'espace de configuration construit sur R_1, R_2 et t et nous allons y chercher une solution particulière φ telle que

$$m_j \vec{V}_j = -\overrightarrow{\text{grad}}\, \varphi_j = -\text{grad}_j \varphi. \tag{5}$$

Ceci constitue une nouvelle hypothèse justifiée *a posteriori* par sa réussite. φ permet de décrire simultanément dans l'espace de configuration les deux classes de mouvements considérés.

3° En imposant aux mouvements précédents deux conditions nécessaires :

I. Ils doivent satisfaire séparément à une équation de continuité car ils suivent des trajectoires géodésiques.

II. S'il existe une onde unique $\Psi(\vec{R}_1, \vec{R}_2, t) = a\,\text{exp.} + i\varphi/\hbar$ capable de les décrire (donc de calculer des $\mathring{g}_{\mu\nu}$ satisfaisant à 2° et 3°), elle doit obéir à une équation linéaire puisqu'ils présentent le même caractère.

C. Ces hypothèses jointes au théorème de M. Régnier ([2]) déterminent l'équation sur Ψ. En effet φ étant supposé existant, on peut toujours introduire une amplitude $a(\vec{R}_1, \vec{R}_2)$, t satisfaisant à l'équation de continuité

$$\frac{\partial a^2}{\partial t} + \sum_j \sum_\alpha \frac{\hbar}{m_j} \frac{\partial}{\partial x_{j\alpha}}\left(a^2 \frac{\partial \varphi}{\partial x_{j\nu}}\right) = 0, \tag{6}$$

comme

$$a^2 = \Psi^* \Psi \qquad \text{et} \qquad \Psi^* \frac{\partial \Psi}{\partial x_{j\alpha}} - \Psi \frac{\partial \Psi^*}{\partial x_{j\alpha}} = -\frac{2i}{\hbar} a^2 \frac{\partial \varphi}{\partial x_{j\alpha}},$$

on obtient par substitution l'égalité

$$\Psi\left(\frac{\partial \Psi^*}{\partial t} - \frac{\hbar^2}{2i} \sum_j \sum_\alpha \frac{1}{m_j} \frac{\partial^2 \Psi^*}{\partial x_{j\alpha}^2}\right) + \text{conj} = 0$$

qui admet comme solution générale

$$\frac{\partial \Psi}{\partial t} + \frac{\hbar^2}{2i} \sum_j \sum_\alpha \frac{1}{m_j} \frac{\partial^2 \Psi}{\partial x_{j\alpha}^2} = i K \Psi, \tag{7}$$

où K est une fonction de $\vec{R}_1$, $\vec{R}_2$, t seulement qui multiplie Ψ à cause du caractère nécessairement linéaire de l'équation de champ. Comme par hypothèse les mouvements décrits sont identiques aux mouvements réels, il suffit de couper (7) en parties réelles et imaginaires pour retrouver l'équation (6) d'une part et d'autre part l'équation de Jacobi généralisée B(5). Cette dernière se réduit à l'équation classique lorsque $\hbar \to 0$, ce qui entraîne $K = F_1 + F_2 + F_{12}$.

D. On précise encore les choses en remarquant que les mouvements décrits dans l'espace de configuration coïncident avec les mouvements réels. (4) redonne alors les relations B(3) et B(4); le potentiel quantique Q est donné par B(6) et B(9) conduit aux égalités B(10). A partir de ces résultats

on peut : 1° calculer les valeurs $g_{\mu\nu}(L_j)$; 2° démontrer comme l'a fait M. D. Bohm [4] que a^2 décrit bien la densité statistique de particules qui suivent les congruences L_j.

PHYSIQUE THÉORIQUE. — *Sur la signification de la notion de couche. Fondement théorique du modèle quasi atomique du noyau.* Note [*] de M. **Raymond Daudel**, présentée par M. Louis de Broglie.

Nous avons récemment [1] insisté sur le fait que les notions usuelles de la Chimie théorique semblent en contradiction avec le principe d'indiscernabilité des électrons et nous avons conclu que l'on peut cependant sauvegarder les principaux résultats de la Chimie théorique, mais qu'il y a intérêt à modifier son langage. Dans une série de remarquables articles, Lennard Jones [2] et ses collaborateurs ont souligné le rôle fondamental de la corrélation entre les positions électroniques.

Ces deux remarques s'appliquent avec encore plus de nécessité dans le problème du modèle quasi atomique du noyau (ou modèle en couche). L'indiscernabilité entre les nucléons est admise et par conséquent ce que nous avons dit des électrons vaut pour les nucléons. Puisque l'interaction entre nucléons est encore plus forte qu'entre électrons, nos arguments ont encore plus de force et il paraît difficile de comprendre comment un modèle « à particules indépendantes » puisse rendre de si éminents services. Nous allons montrer en transposant au cas du noyau le raisonnement de Lennard Jones que l'étude des corrélations entre les positions des nucléons permet de comprendre la nature de cet apparent paradoxe.

On peut représenter en première approximation la fonction d'onde Φ d'un noyau à N nucléons par un déterminant construit sur des orbitales mononucléoniques $\psi_l(x_i)\,\sigma_l(\omega_i)\,\tau_l(\varepsilon_i)$ où ψ, σ et τ représentent respectivement des fonctions d'espace, de spin et de spin isotopique.

Pour un noyau à niveaux complets on aura

$$\Phi \# \text{dét}\left\{ \psi_1(x_1)\,\sigma_+(x_1)\,\tau_+(x_1)\,\psi_1(x_2)\,\sigma_+(x_2)\,\tau_-(x_2)\,\psi_1(x_3) \times \sigma_-(x_3)\,\tau_+(x_3)\,\psi_1(x_4)\,\sigma_-(x_4)\,\tau_-(x_4)\ldots\psi_{\frac{N}{4}}(x_N)\,\sigma_-(x_N)\,\tau_-(x_N) \right\}.$$

Les ψ pourront être évalués le mieux possible selon la technique du champ self consistant de Fock. On sait que l'on peut sans changer Φ remplacer les ψ

---

(4) Communication privée à paraître dans *Physical Review*.

(*) Séance du 17 novembre 1952.

(1) R. Daudel, *Comptes rendus*, 235, 1952, p. 1035.

(2) *Voir* par exemple, *J. Chem. Phys.*, 20, 1952, p. 1024.

par des φ construits par une relation de la forme

$$\varphi_u = \sum_{v} c_{uv} \psi_v,$$

à condition de respecter normalisation et orthogonalité.

Rien ne semble s'opposer à ce que l'on choisisse alors dans le domaine nucléaire des groupes d'orbitales φ localisées et équivalentes comme le fait Lennard Jones en chimie théorique.

La fonction de corrélation représentant la probabilité de trouver le $i^{\text{ème}}$ nucléon en $d\tau_i$ et le $j^{\text{ème}}$ en $d\tau_j$ s'écrit alors en admettant les fonctions réelles :

$$d\tau_i\, d\tau_j \mathrm{P}(i, j) = \left\{ \int \Phi\Phi \frac{d\tau}{d\tau_i\, d\tau_j} \right\} d\tau_i\, d\tau_j \simeq \begin{vmatrix} \chi(i, i) & \chi(i, j) \\ \chi(j, i) & \chi(j, j) \end{vmatrix} d\tau_i\, d\tau_j,$$

avec

$$\begin{aligned}\chi(i, j) = {} & \rho^{++}(i, j)\sigma_+(i)\sigma_+(j)\tau_+(i)\tau_+(j) + \rho^{+-}(i, j)\sigma_+(i)\sigma_+(j)\tau_-(i)\tau_-(j) \\ & + \rho^{-+}(i, j)\sigma_-(i)\sigma_-(j)\tau_+(i)\tau_+(j) + \rho^{--}(i, j)\sigma_-(i)\sigma_-(j)\tau_-(i)\tau_-(j).\end{aligned}$$

où un symbole tel que $\rho^{++}(i, j)$ représente la somme de tous les produits $\varphi_l(i)\varphi_l(j)$ associés aux fonctions σ_+ et τ_+.

On voit que *pour deux nucléons de même spin et de même charge*

$$\mathrm{P}(i, j) \simeq \{ \rho(i, i)\rho(j, j) - \rho(i, j)^2 \}$$

et que par conséquent ladite densité de probabilité dépend de la position relative de i et de j, alors que pour deux nucléons de spin ou de charge différents

$$\mathrm{P}(i, j) \simeq \rho(i, i)\rho(j, j)$$

ne dépend que des quantités $\rho(i, i)$ et $\rho(j, j)$, comme si les deux nucléons étaient indépendants.

Le raisonnement de Lennard Jones se transpose donc bien au noyau avec comme conclusion :

Que les positions relatives les plus probables des nucléons de même spin et de même charge peuvent être déterminées en construisant des orbitales nucléaires équivalentes et localisées dans des régions de l'espace se recouvrant le moins possible.

Puisqu'il n'y a pas (à cette approximation) de corrélation entre les nucléons de spin ou de charge différents, on peut penser que dans un noyau à « niveaux complets » on rencontrera en moyenne deux neutrons et deux protons au voisinage de chacune des positions les plus probables ainsi définies, et le modèle quasi atomique s'apparente alors beaucoup au modèle à particules α préformées.

De plus chacune de ces particules tend à occuper en moyenne un certain volume et constitue si l'on veut une des molécules de la goutte liquide de Bohr

et Wheeler. Ainsi les trois modèles nucléaires classiques trouvent leur point commun dans la corrélation entre position des nucléons.

Donnons un exemple de construction effective des orbitales équivalentes. Prenons la première couche de M. Gœppert Mayer (3) soit $1s$ et $1p$.

Par hybridation on peut former 4 orbitales nucléaires équivalentes localisées vers les 4 sommets d'un tétraèdre. Le noyau à niveaux complets correspondant ($^{16}_{8}O$) aurait donc *comme configuration la plus probable* celle que figurent quatre particules α aux sommets d'un tétraèdre régulier; les protons ayant tendance à se diriger vers l'extérieur en raison de la répulsion coulombienne (on peut bien entendu conserver en moyenne la symétrie sphérique). Cette configuration très symétrique explique la haute stabilité du noyau $^{16}_{8}O$ et l'existence du nombre magique 8. Les autres couches correspondraient à d'autres orbitales localisées se situant probablement plus loin du centre de gravité et déterminant de nouvelles positions probables pour des groupes de nucléons. Une étude détaillée de ces couches est en cours.

PHYSIQUE THÉORIQUE. — *Étude des modifications ordre-désordre dans les alliages* Cu-Pt. Note (*) de M. **Gérard Fournet**, présentée par M. Charles Mauguin.

Le passage de l'état ordonné à l'état désordonné des alliages Cu-Pt s'effectue sans qu'il y ait un changement notable de la répartition des premiers voisins. Nous avons trouvé un bon accord avec l'ensemble des faits expérimentaux en supposant que la différence $W(r_2)$ des énergies des paires semblables et dissemblable relatives aux seconds voisins était plus grande que le terme $W(r_1)$ correspondant aux premiers voisins.

Les modifications ordre-désordre de l'alliage Cu-Pt sont très particulières (1), (2). Dans l'état ordonné (à symétrie rhomboédrique mais très voisin de la structure cubique à faces centrées) un atome d'espèce quelconque est entouré de six premiers voisins semblables et de six premiers voisins dissemblables; pour l'état désordonné (cubique à faces centrées) et à haute température, quand tout effet d'ordre à petite distance aura disparu, la composition de l'alliage étant 1—1, on doit retrouver la même situation (six premiers voisins de chaque espèce). Il n'y a donc pas de changements notables du nombre de couples formés de premiers voisins semblables et les théories simples [*cf.* (3)] sont impuissantes à donner une explication du phénomène.

(3) *Voir Phys. Rev.*, 78, 1950, p. 16.

(*) Séance du 24 novembre 1952.

(1) C. H. Johansson et J. O. Linde, *Ann. Physik*, 82, 1927, p. 449.

(2) J. O. Linde, *Ann. Physik*, 30, 1937, p. 151.

(3) C. B. Walker, *J. Appl. Phys.*, 23, 1952, p. 118.

Nous signalons que Slater ([4]) a proposé un schéma d'explication basé sur un changement de périodicité des zones de Brillouin.

Au cours de nos calculs ([5]) sur les modifications ordre-désordre nous avons toujours admis que les énergies d'interaction W possèdent la symétrie sphérique, c'est-à-dire que la fonction $W(r_i)$ ne dépend que du module r_i (et non de l'orientation) du vecteur joignant les centres des deux nœuds considérés.

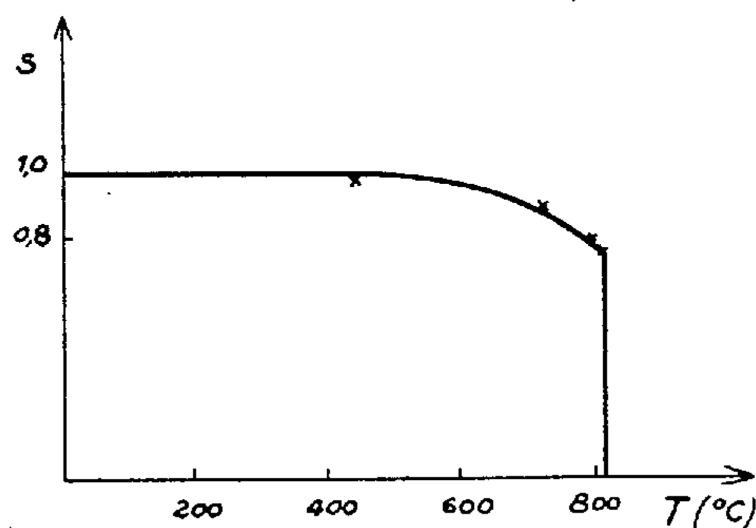


Fig. 1.

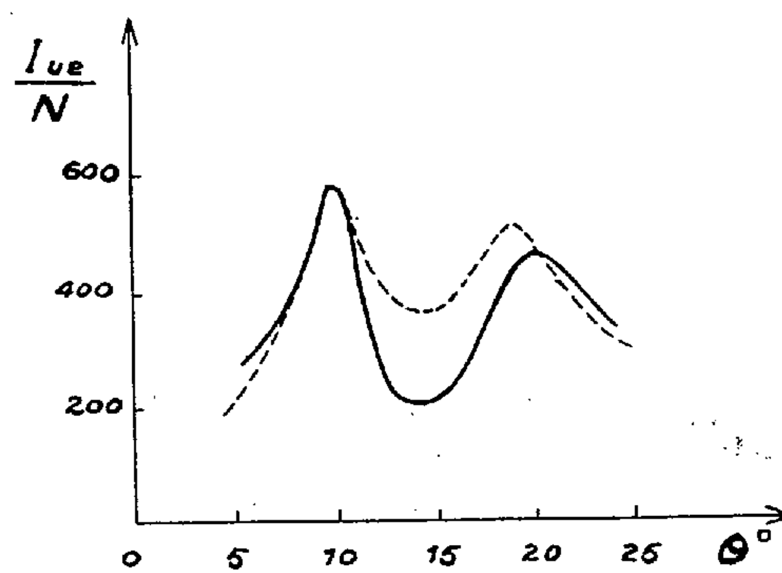


Fig. 2.

Nous pouvons donc obtenir, sans faire aucune hypothèse supplémentaire des « résultats approchés » sur le comportement de l'alliage Cu-Pt en écrivant que les énergies qui interviennent entre premiers voisins, soit d'un même plan (111), soit de deux plans (111) adjacents, sont égales puisque nous savons par ailleurs ([3]) que le rapport entre les distances l_1 et l_2, relatives aux deux espèces de premiers voisins que nous venons de définir, est toujours compris entre 1,000 et 1,010. Au moyen de la simplification que nous venons de décrire nous avons entrepris l'étude théorique de l'alliage Cu-Pt par la méthode que nous avons déjà employée ([5]) (nous gardons les mêmes notations), méthode basée sur la théorie d'Yvon ([6]). Nous nous sommes imposé de trouver des valeurs critiques s_c (*fig.* 1) et T_c du paramètre s d'ordre à grande distance et de la température T conformes aux résultats expérimentaux de Walker([3]) : $s_c = 0,77$, $T_c = 815°$ C; nous pouvons trouver ces résultats en posant

$$(1)\quad \begin{cases} W(r_1) = \ 721 \text{ K degrés C} = 0,996.10^{-13} \text{ erg}, \\ W(r_2) = 1206 \text{ K degrés C} = 1,665.10^{-13} \text{ erg}. \end{cases}$$

Nous rappelons que $W(r)$ résulte de la différence des énergies entre paires d'atomes semblables et dissemblables à la distance r :

$$W(r) = W_{Cu-Cu}(r) + W_{Pt-Pt}(r) - 2W_{Cu-Pt}(r)$$

et que par conséquent il n'est pas interdit de trouver $W(r_2)$ plus grand que

([4]) *Phys. Rev.*, **84**, 1951, p. 179.
([5]) *Comptes rendus*, **232**, 1951, p. 155 et **234**, 1952, p. 2049.
([6]) *Cahiers de Physique*, **28**, 1945, p. 1.

$W(r_1)$. Au moyen des données (1) nous avons pu atteindre les valeurs de la fonction $s=f(T)$; nos résultats sont indiqués par une croix sur la figure 1 où nous avons également représenté la courbe expérimentale de Walker. Pour comparer les conséquences de notre théorie à d'autres résultats expérimentaux nous avons calculé les variations en fonction de l'angle du rayonnement X diffusé par un alliage (polycristallin) dans l'état désordonné et maintenu à 890° C. Nous obtenons ainsi la courbe en trait fort de la figure 2 quand l'intensité diffusée par un atome est exprimée en unité électron; la courbe en pointillé est la courbe expérimentale de Walker.

Nous avons ainsi obtenu un bon accord avec les faits expérimentaux aussi bien pour l'ordre à grande distance que pour l'ordre à petite distance en supposant que la valeur du rapport $W(r_2)$ à $W(r_1)$ est de 1,67.

Un Mémoire détaillé sur ce travail paraîtra dans un autre Recueil.

ÉLECTROMAGNÉTISME. — *Sur le rayonnement longitudinal d'antennes diélectriques.* Note (*) de MM. **Jean-Claude Simon** et **Georges Weill**, présentée par M. Camille Gutton.

Le calcul du champ à l'infini de certaines antennes rayonnant en bout est relié à la variation de vitesse de phase du champ tout le long de l'antenne. Cette Note montre qu'à partir de ce fait on peut trouver le diagramme de l'énergie rayonnée à l'infini, ainsi que l'énergie totale rayonnée. Des vérifications expérimentales ont été effectuées.

Certains types connus d'antennes sont caractérisés par un maximum de rayonnement dans la direction Oz de leur plus grande dimension. Un exemple de ces dernières est le cierge diélectrique. On suppose que cette antenne est équivalente à une ligne de transmission à pertes réparties, sans réflexion à l'extrémité. Ce mode de calcul a le défaut d'admettre qu'une ligne uniforme rayonne. Nous avons tenté au contraire, de relier le rayonnement aux variations des caractéristiques de la ligne résumées par la variation de la vitesse de phase.

Le calcul est effectué pour le cas le plus simple, celui d'une onde plane franchissant une discontinuité d'indice.

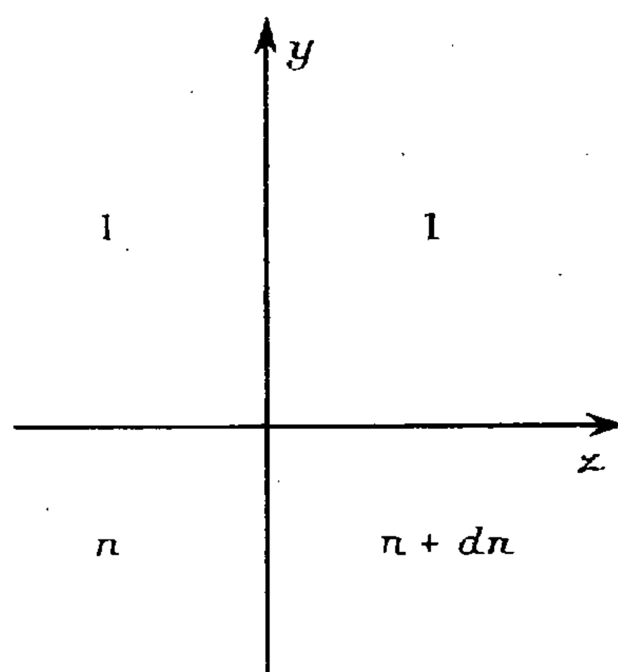
Soient trois axes de coordonnées rectangulaires (Ox, Oy, Oz). Trois milieux d'indices n, $n+dn$ et 1 occupent respectivement les régions ($y<0$, $z<0$), ($y<0$, $z>0$), ($y>0$).

Soit dans le milieu n une onde plane se propageant suivant Oz. Elle est accompagnée dans le milieu 1 par une onde évanescente dite de surface.

Supposons que les ondes transmises et réfléchies aux passages des milieux n et $n+dn$ soient déterminées par les conditions aux limites classiques pour y très grand et négatif.

(*) Séance du 24 novembre 1952.

Nous obtenons dans la région $z > 0$ un régime bien déterminé. Les ondes ($z < 0$) et ($z > 0$) sont raccordées pour $z = 0$ et $y < 0$. Mais elles ne se raccordent pas pour $y < 0$. Pour raccorder ces ondes, nous admettrons qu'il existe des sources fictives qui compensent la différence de ces champs sur le demi-plan $y > 0$, $z = 0$. Ces sources nous permettent de calculer le rayonnement de l'onde dans l'espace $y > 0$ au passage de la discontinuité. L'expérience confirme l'existence d'un tel rayonnement.



Le champ à l'infini se calcule à l'aide des formules classiques d'Huyghens-Kottler. La puissance rayonnée dans la direction faisant l'angle θ avec Oz est donnée par

$$g(\theta) = A\left[\frac{1 + \cos\theta}{n^2 - \cos^2\theta}\right]^2 \quad (^1),$$

A étant une constante.

La puissance totale rayonnée en fonction du champ incident E_0 est donnée par

$$(2) \qquad dw = E_0^2 f(n)\,(dn)^2,$$

avec

$$(3) \qquad f(n) = \frac{n(n^4 + n^2 + 2)}{16(n^2 - 1)^3}$$

ou encore si λ est la longueur d'onde dans le milieu d'indice n ($n\lambda = \lambda_0$)

$$(2') \qquad dw = E_0^2\,h(\lambda)\,(d\lambda)^2.$$

Une telle formule nous permet de calculer la résistance de rayonnement d'une onde de surface en fonction de sa variation de vitesse de phase, dans le cas du problème proposé. Nous avons utilisé ces résultats dans le cas d'une variation continue d'indice ou de longueur d'onde. Nous avons ainsi calculé des profils

---

(1) Le rayonnement est calculé à partir des valeurs du champ à la surface.

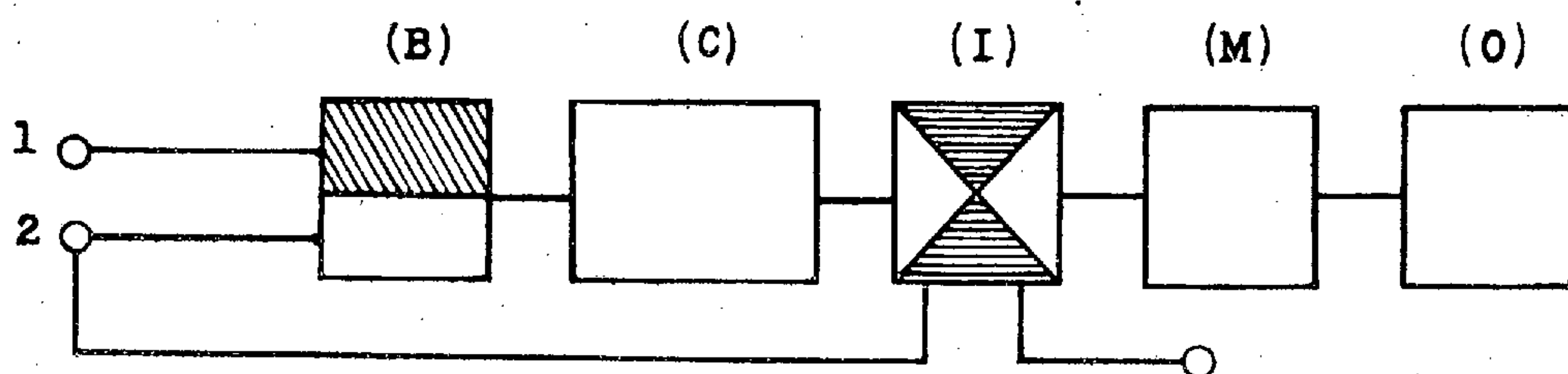
d'antennes diélectriques tels que le champ rayonné soit constant le long de l'antenne. L'expérience vérifie ces calculs.

Le raisonnement peut être étendu au cas où le diélectrique est limité par un cylindre de génératrice parallèle à Oz.

Ces résultats peuvent s'étendre au cas de diélectriques artificiels en considérant la longueur d'onde correspondant à l'onde de surface.

ÉLECTRONIQUE. — *Définition précise d'un intervalle de temps, au moyen d'un dispositif électronique. Remise à zéro automatique. Choix de la fréquence de référence.* Note (*) de M. **André Peuteman**, présentée par M. Gustave Ribaud.

La figure 1 montre la constitution du dispositif : un oscillateur (O), de période T aussi stable que possible (diapason, quartz) fonctionne en permanence, et commande un compteur binaire (C) de n bascules, de capacité 2^n, par l'intermédiaire d'un dispositif de mise en forme (M) et d'un interrupteur électronique à deux voies (I), ouvert au repos. Le compteur (C) est à zéro. L'opérateur provoque la fermeture de (I) à l'aide d'une impulsion, positive (par exemple), appliquée sur la première voie. Quand (C) revient au zéro



après un cycle complet, la dernière bascule de (C) produit le changement d'état d'une bascule auxiliaire (B) qui fournit une impulsion positive à la borne de sortie (1); cette impulsion à front raide marque le départ de l'intervalle de temps avec une grande précision. Simultanément apparaît à la borne de sortie (2) une impulsion négative, sans action sur (I), dont la deuxième voie est connectée à la borne (2). Quand (C) a accompli un deuxième cycle, (B) revient à son état initial : en (2) apparaît une impulsion positive qui définit la fin de l'intervalle de temps τ avec une précision aussi bonne; τ a pour valeur : $\tau = 2^n T$. Cette même impulsion sert à ouvrir (I), qui coupe la connexion de (M) à (C), lequel s'arrête à zéro. L'intervalle de temps est ainsi défini d'une façon purement électronique, *et échappe aux incertitudes d'un contact.* Il n'est d'ailleurs pas nécessaire que (C) parte de zéro.

Choix de la fréquence de référence de l'oscillateur. — Les oscillateurs stables

(*) Séance du 24 novembre 1952.

en fréquence fournissent une tension sinusoïdale $A \sin \omega t$ dont la valeur de pointe est limitée pratiquement à quelques dizaines de volts. La mise en forme (M) fait intervenir un seuil de fonctionnement S (volts), dont la plus grande variation possible au cours du temps τ est ΔS ; l'écart correspondant est

$$\Delta\tau_1 = \frac{\Delta S}{A\omega} = T\frac{\Delta S}{2\pi A}.$$

Le fonctionnement discontinu d'une bascule introduit une incertitude $\Delta\theta_1$ soit $n\,\Delta\theta_1$ pour l'ensemble. L'incertitude relative totale a donc pour valeur

$$\frac{\Delta\tau}{\tau} = \frac{1}{2^n}\left[\frac{\Delta S}{2\pi A} + \frac{n\,\Delta\theta_1}{T}\right];$$

elle est minima pour la fréquence

$$F_0 = \frac{\text{Log}\,2}{2\pi}\,\frac{\Delta S}{A\,\Delta\theta_1}.$$

Pratiquement, on choisira la fréquence $F = 1/2^n\tau$ (n entier) la plus voisine de F_0.

Exemple. — $A = 20$ V, $\Delta S = 0{,}2$ V, $\Delta\theta_1 = 0{,}5$ µs, conduit à $F_0 = 2\,000$ Hz environ, et à une incertitude de 6 µs pour $\tau = 1$ s.

F_0 ne dépend pas de τ. Pour $\tau < 1/2\,000$ s, on sera conduit à supprimer le compteur (C).

SPECTROSCOPIE. — *Les facteurs g spectroscopiques d'alliages ferromagnétiques nickel-cuivre.* Note (*) de M. **A.-Jean-Pierre Meyer**, présentée par M. Gustave Ribaud.

Les expériences de résonance ferromagnétique ([1]) permettent de mesurer un facteur de Landé spectroscopique des substances étudiées. Les conditions de résonance pour un ellipsoïde de coefficient de champ démagnétisant Nx, Ny, Nz, placé dans un champ statique Hz, et un champ alternatif Hx de fréquence ω, s'écrivent :

$$\omega_0 = g\,\frac{e}{2mc}\{[Hz + (Ny - Nz)\,Mz][Hz + (Nx - Nz)\,Mz]\}^{\frac{1}{2}},$$

formule qui permet de déterminer g, les autres grandeurs étant accessibles à l'expérience. Celle-ci fournit en général des valeurs de g anormalement élevées qui oscillent autour de $g = 2{,}2$. Cependant la facilité des mesures incite à des expériences permettant de reconnaître la dépendance de g d'autres grandeurs. C'est ainsi qu'on a déjà déterminé la variation de g en fonction de la tempéra-

(*) Séance du 24 novembre 1952.

([1]) C. Kittel, *Ferromagnétisme et antiferromagnétisme*, 1951, p. 143.

ture pour quelques ferromagnétiques : Fe_3O_4 (2), supermalloy et nickel (3). Bloembergen indique que le g mesuré de ces deux dernières substances reste constant entre la température ambiante et le point de Curie.

Les alliages nickel-cuivre se prêtent à des expériences du même genre, grâce à la remarquable simplicité de leurs propriétés magnétiques : à teneur croissante en cuivre, moment à saturation et points de Curie décroissent linéairement à zéro pour Cu_3Ni_2, tandis que le coefficient du champ moléculaire reste constant jusqu'à une addition d'environ 50 % Cu (4, 5). Il s'ensuit que la mesure de g effectuée à température ambiante sur des alliages à différents points de Curie devait fournir des résultats semblables à ceux de Bloembergen.

Les expériences ont porté sur une série d'alliages, préparés à partir de nickel du carbonyle et de cuivre électrolytique, laminés en feuilles d'épaisseur 0,05 à 0,1 mm. La résonance est déterminée par la variation d'absorption d'énergie hf de l'échantillon soumis dans son plan à un champ alternatif hf de fréquence fixe et à un champ statique perpendiculaire d'intensité variable. Les échantillons, sous forme de disques plats, sont soudés à un endroit convenablement choisi dans une cavité résonante maintenue entre les pièces polaires d'un électroaimant; l'énergie hf réfléchie par la cavité est mesurée en fonction de Hz. g est calculé à partir de la formule ci-dessus qui dans le cas d'un disque plan devient

$$\omega_0 = \frac{ge}{2mc}\{Hz[Hz + (Ny - Nz)Mz]\}^{\frac{1}{2}}.$$

Les résultats sont rassemblés dans le tableau ci-dessous :

% at. Cu.	Θ°K.	T°K.	$\frac{T}{\Theta}$.	$\frac{\omega_0}{2\pi}$ Mc.	H_r.	$4\pi Mz$.	$\frac{Ny - Nz}{4\pi}$.	g.
0 (Ni).............	631	294	0,47	9293	1270	6000	0,975	2,21
10,0...............	522	295	0,57	9340	{ 1460 1550 }	4630	{ 0,99 0,98	2,24 2,16
12,6...............	477	295	0,62	9326	1560	4280	0,99	2,22
18,0...............	441	295	0,67	9289	1750	3350	0,975	2,22
24,0...............	409	295	0,72	9337	{ 2050 1970 }	2480	{ 0,99 0,985	2,20 2,26
28,0...............	336	295	0,88	9335	{ 2400 2400 }	1470	{ 0,98 0,98	2,20 2,20

A côté de la composition des alliages on indique : les points de Curie, la température à laquelle est effectuée la mesure, le rapport T/Θ, la fréquence

(2) L. R. Bichford, *Phys. Rev.*, 78, 1950, p. 449.
(3) N. Bloembergen, *Phys. Rev.*, 78, 1950, p. 572.

indiquées de $4\pi Mz$ sont empruntées à Alder [4], $(Ny - Nz)/4\pi$ est calculé d'après des formules données par Osborn [5]. Le second chiffre indiqué pour certains alliages dans la colonne des résultats concerne une seconde mesure effectuée sur un autre disque. La précision des mesures est de l'ordre de 3 %, l'incertitude sur la valeur de $4\pi Mz$ étant assez élevée.

L'examen des résultats permet de conclure, à la précision des mesures près, à la constance de g dans le domaine des alliages étudiés. Considérées comme mesures effectuées sur du nickel, à valeur croissante de T/Θ, ce résultat concorde avec celui de Bloembergen : le facteur de Landé du nickel observé par résonance ferromagnétique semble être constant pour un intervalle de T/Θ compris entre 0,5 et 1.

OPTIQUE CRISTALLINE. — *Polarisation de la fluorescence du diphényle et du tétraphényl 1144-butadiène 13.* Note de M. **Paul Pesteil**, présentée par M. Jean Cabannes.

L'étude de la fluorescence émise par des cristaux de stilbène, d'anthracène [1] et de naphtalène [2] a montré que l'oscillateur vibre parallèlement au petit axe M de ces molécules. L'objet de cette Note concerne des recherches analogues effectuées sur des monocristaux de diphényle ($C_6H_5-C_6H_5$) et de tétraphényl 1144-butadiène 13 (TPB)[$(C_6H_5)_2=C=CH-CH=C=(C_6H_5)_2$]. Les échantillons ont été préparés et cristallisés par M. L. Pichat.

La molécule de diphényle diffère de celle du naphtalène en ce que les deux noyaux constituants sont reliés par une liaison simple parallèle à la longueur de la molécule. Le spectre d'émission trouvé, situé entre 3050 Å et 3800 Å est voisin de celui du naphtalène; j'ai vérifié, en examinant l'absorption ultraviolette, que le cristal étudié ne contenait pas de trace de cette substance ni de fluorène.

L'orientation de la molécule de diphényle dans le cristal n'a pas été déterminée aussi exactement que pour le cas du naphtalène. Cependant des travaux de Dhar [3] et de Clark [4], on peut conclure que la maille est très voisine de celle du naphtalène et adopter le même tableau des carrés des cosinus directeurs donné par ailleurs [2]. J'ai trouvé les rapports suivants entre du champ alternatif, l'intensité du champ statique de résonance. Les valeurs

(4) *Thèse*, Zurich, 1916.
(5) J. A. Osborn, *Phys. Rev.*, 67, 1945, p. 351.

(1) Pesteil, *Comptes rendus*, 234, 1952, p. 2532.
(2) Pesteil, *Comptes rendus*, 235, 1952, p. 150.
(3) *Indian Journ. Phys.*, 7, 1932, p. 43.
(4) *J. Amer. Chem. soc.*, 53, 1931, p. 167.

les intensités des vibrations de fluorescence parallèles aux trois axes de l'ellipsoïde, p, m, g :

$$\frac{I_g}{I_p} = 6,5, \qquad \frac{I_g}{I_m} = 4,0, \qquad \frac{I_m}{I_p} = 1,5.$$

La comparaison de ces rapports avec le tableau des carrés des cosinus directeurs montre que *la vibration est dirigée suivant la longueur* L *de la molécule*.

Il n'existe, à ma connaissance, aucune donnée sur la structure de la maille de TPB. Une étude sommaire des propriétés optiques m'a cependant montré que le cristal est biaxe positif. Un échantillon taillé convenablement m'a donné les résultats suivants :

$$\frac{I_g}{I_m} = 2,36, \qquad \frac{I_g}{I_p} = 3,75, \qquad \frac{I_m}{I_p} = 1,4.$$

La polarisation relativement élevée (*la même pour tout le spectre* qui s'étend de 4000 Å à 4800 Å) montre que pour le TPB, comme pour les autres molécules étudiées, le vibrateur est très anisotrope.

PHYSIQUE CORPUSCULAIRE. — *Sur l'emploi du compteur Rosenblum avec les sélecteurs à coïncidences à temps très courts.* Note (*) de MM. **Théo Muller, Raymond Richert** et **Serge Gorodetzky**, présentée par M. Jean Becquerel.

Lorsque l'on cherche à faire fonctionner des sélecteurs à coïncidences à temps très court, on sait que la difficulté ne provient plus uniquement du sélecteur lui-même, mais aussi du dispositif émetteur d'impulsions. Il faut, en particulier, que les impulsions soient suffisamment brèves vis-à-vis du temps de résolution du sélecteur. Lorsque le temps de résolution du sélecteur est très court, soit par exemple 10^{-9} seconde, il devient assez difficile de produire des impulsions assez brèves; pratiquement, on se sert de photomultiplicateurs précédés ou non de dispositifs scintillants. Mais même dans ce cas, la chose n'est pas toujours très facile et l'on peut souvent se demander dans un circuit complet quelle est la part du pouvoir séparateur qui incombe au sélecteur lui-même et quelle est la part qui incombe au producteur d'impulsions. Cela est si vrai que des dispositifs ont été imaginés et réalisés qui permettent d'obtenir électriquement et mécaniquement des impulsions très brèves. Ainsi un dispositif à contact mécanique dans du mercure a été réalisé par Garwin [1]. Un tel dispo-

(*) Séance du 24 novembre 1952.

[1] *Rev. Sc. Instr.*, **21**, 1950, p. 903.

sitif est de la plus grande utilité pour l'essai de sélecteurs à coïncidences très rapides.

Nous avons pensé qu'il serait intéressant d'essayer comme producteur d'impulsions, un compteur Rosenblum. En effet, ce compteur est facile à construire et de fonctionnement aisé. On pouvait espérer un temps de montée d'impulsions assez court. Conor [2] indique un temps de montée inférieur à 10^{-7} s. Nous avons placé un compteur Rosenblum devant un sélecteur à coïncidences du type Bay [3] qui, comme on le sait, est parmi les sélecteurs les plus rapides existants à l'heure actuelle. L'ensemble fonctionne parfaitement. Une seule et même impulsion est envoyée, d'une part, dans l'un des canaux du sélecteur, d'autre part, dans un autre canal avec un certain retard. On peut faire varier le retard par le procédé classique des lignes à retard. On obtient ainsi la courbe du nombre d'impulsions de coïncidences en fonction du retard.

La considération de cette courbe indique pour l'ensemble du circuit un temps de résolution de 10^{-10} s.

Le sélecteur du type Bay a un temps de résolution estimé par Bay lui-même à 3.10^{-10} s dans les meilleures conditions.

Nous obtenons pour l'ensemble compteur Rosenblum plus circuit à coïncidence un temps de résolution de 10^{-10} s. On peut dire, par conséquent, que le temps de montée de l'impulsion du compteur Rosenblum est plus court que 10^{-10} s. Ainsi se trouve, grâce à l'emploi du sélecteur de Bay, repoussées de trois ordres de grandeur, les limites fixées par Conor. Il semble aussi que l'excellent circuit de Bay est encore meilleur que ne le pense son auteur. Inversement, on montre que le compteur Rosenblum est un générateur d'impulsions des plus précieux dans l'essai des sélecteurs d'impulsions.

RAYONS COSMIQUES. — *Sur le rapport du nombre de mésons au nombre de particules lourdes enregistrées dans des émulsions nucléaires exposées au Puy-de-Dôme*. Note de Mme **Simone Desprez-Rebaud**, présentée par M. Eugène Darmois.

Dans les plaques exposées au Puy-de-Dôme et en se limitant à une énergie de 120 MeV pour un proton, nous avons pu identifier 909 particules lourdes pour seulement 18 mésons, soit une proportion d'environ 2 %.

Dans une précédente Note [1] nous avons expliqué les conditions expérimentales d'exposition des plaques. Ainsi que nous l'avons indiqué, nous avons

(2) *Proc. Phys. Soc.*, B 64, 1951, p. 30.
(3) *Rev. Sc. Instr.*, 22, 1951, p. 397.

(1) M. Morand et S. Desprez-Rebaud, *Comptes rendus*, 235, 1952, p. 294.

supposé que les traces isolées observées étaient pratiquement dues à des protons. Dans le présent travail nous avons repris les traces nous ayant permis d'obtenir le spectre énergétique des particules enregistrées et déterminé, dans les cas favorables, la nature de ces particules.

Le parcours minimum d'une particule traversant l'émulsion est l'épaisseur de l'émulsion vierge, soit 450 μ. En fait, nous n'avons pu compter les grains que sur les traces faisant avec le plan de l'émulsion un angle inférieur à 65°. Pour de telles traces, le parcours visible est $450/\cos 25° = 496,5 \sim 500\ \mu$.

Pour les traces ayant un parcours dans l'émulsion : $450 < R\ (\mu) < 500$, il n'est pas possible de déterminer de façon objective la granulation. Les traces sont peu inclinées par rapport à l'axe de visée du microscope et les grains ne peuvent être reconnus individuellement. Suivant l'énergie de la partieule et son parcours dans l'émulsion, la variation de granulation entre les deux extrémités de la trace permettra de reconnaître plus ou moins facilement un méson d'une particule lourde.

1. *Cas des traces noires.* — Les traces noires sont celles qui se présentent dans la plaque comme un trait d'argent continu. D'après les courbes de densité de grains en fonction du parcours résiduel que nous avons pu construire, un méson est comptable à partir de 300 μ de sa fin. Les 131 traces noires observées traversant l'émulsion ont un parcours résiduel d'au moins 500 μ, ce ne sont donc certainement pas des mésons.

2. *Cas des traces comptables.* — Pour ces traces, la variation de la densité de grains permettra de reconnaître facilement la nature de la particule si le parcours visible est long. Il devra être d'autant plus long que la particule sera plus énergique.

Si h est l'épaisseur de l'émission vierge, β l'angle de la particule avec le plan de l'émulsion, son parcours visible est donné par $R = h/\sin \beta$.

En fonction de l'énergie de la particule, nous avons calculé l'angle β de façon que la longueur du parcours visible dans l'émulsion permette de déterminer la nature de la trace observée. Nous avons pris comme critère pour l'identification d'un méson une variation de la granulation de 10 grains sur des sections de 150 μ prises aux deux extrémités de la trace.

Compte tenu de ces observations, nous avons reconnu 18 mésons pour 778 particules lourdes auxquelles il y a lieu d'ajouter les 131 traces noires dont nous avons parlé plus haut, ce qui nous donne : 18 *mésons pour* 909 *particules lourdes, soit environ* 2 %.

Cette proportion est en bon accord avec les résultats classiques. Nous pouvons, en effet, déduire par extrapolation des valeurs de Wilson (2) (4) confirmées par Whittemore et Shutt (3) une valeur maximum de l'intensité,

(2) *Nature*, 158, 1946, p. 415.
(3) *Phys. Rev.*, 86, 1952, p. 940.
(4) B. Rossi, *Rev. Mod. Phys.*, 20, 1948, p. 540.

au niveau de la mer, des mésons d'énergie inférieure à 13 MeV et en effectuant la correction d'altitude, nous obtenons une valeur :

$$I_M \sim 2,99.10^{-6}\ \mathrm{cm}^{-2}\ \mathrm{sec}^{-1}\ \mathrm{sterad}^{-1}.$$

Or, d'après nos résultats expérimentaux, l'intensité des traces isolées détectées est de $1,09.10^{-4}\ \mathrm{cm}^{-2}\ \mathrm{sec}^{-1}\ \mathrm{sterad}^{-1}$, ce qui donne une intensité de particules lourdes de

$$I_P \sim 1,06.10^{-4}\ \mathrm{cm}^{-2}\ \mathrm{sec}^{-1}\ \mathrm{sterad}^{-1},$$

d'où $I_M/I_P =$ *au maximum* 2,8 %.

CHIMIE PHYSIQUE. — *Sur un procédé d'étude des réactions entre gaz et solides. Application au système fer-carbone-hydrogène.* Note (*) de MM. **Louis Beaujard, Gaston Collette** et **Léon Jacqué**, présentée par M. Pierre Chevenard.

Une méthode pour étudier l'équilibre et la vitesse des réactions à température élevée, entre phases solides et gazeuses peut être basée sur la technique de la pesée continue. Appliquée au système fer-carbone-hydrogène, elle a permis de recouper les constantes d'équilibre calculées par Austin et Day.

La technique mise au point pour l'étude de l'équilibre et de la vitesse de réaction intervenant à haute température dans le système fer-carbone-hydrogène est susceptible d'une large généralisation pour l'étude des réactions entre phases solides et gazeuses.

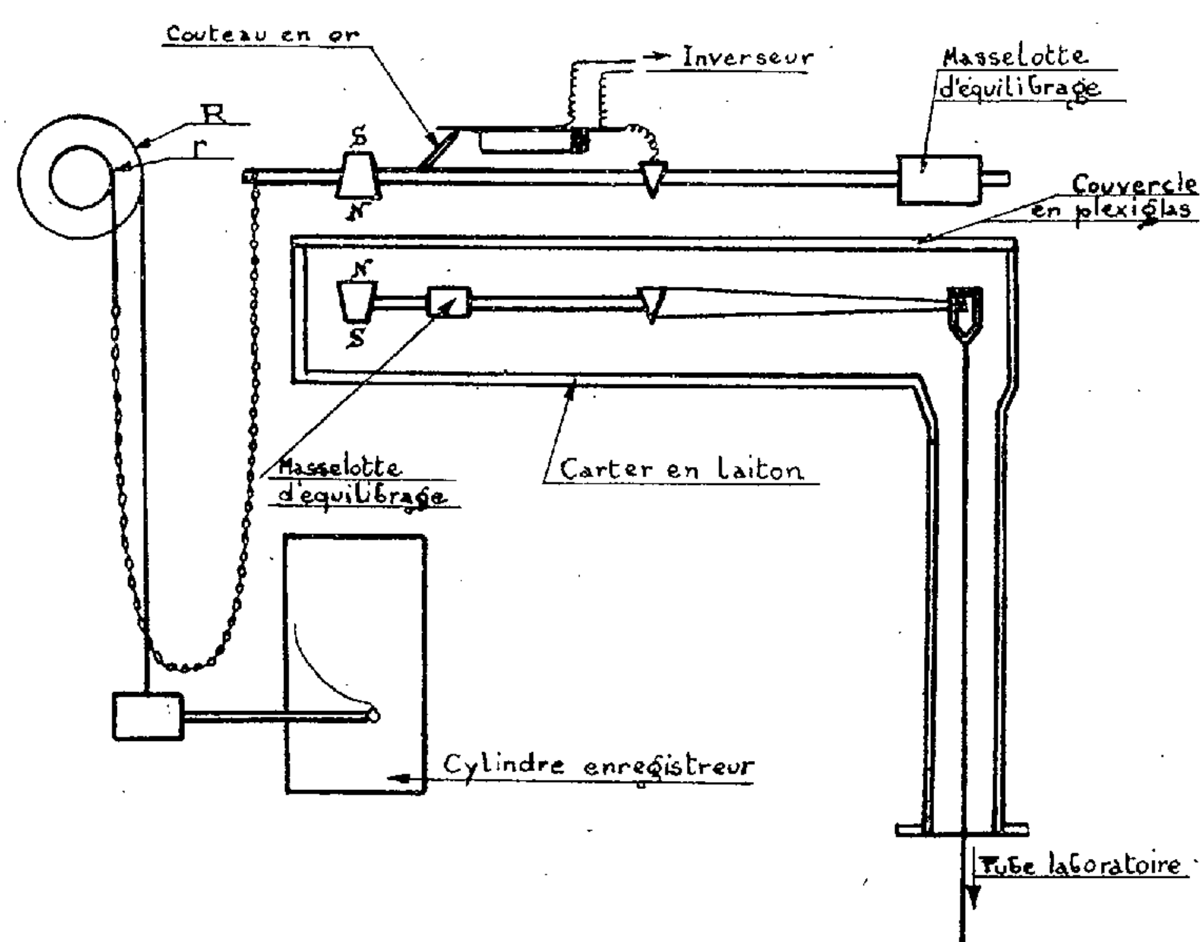
L'échantillon est suspendu dans une enceinte close chauffée extérieurement par un four. Un mélange gazeux connu y circule. Il a une composition déterminée, produite par le mélange des gaz composants, dont le débit est mesuré pour chacun d'eux par des débitmètres à tubes capillaires, immergés dans des thermostats réglés à $30^\circ \pm 0^\circ,2$. La variation de poids de l'échantillon est enregistrée de façon continue grâce à une liaison magnétique entre un fléau interne auquel l'échantillon est accroché et un fléau externe d'une balance enregistreuse (*figure*).

L'étude de l'équilibre fer-carbone-hydrogène a été effectuée sur des plaquettes de fer technique ($115 \times 20 \times 0,5$ mm), de composition suivante : C, 0,03 %; Mn, 0,28 %; Si, 0,03 %; S, 0,016 %; P, 0,011 %; Cr, 0,03 %; Cu, 0,069 % dans un mélange d'hydrogène (purifié par un train classique) et de méthane pur à 99 % molécules.

Le passage du point de Curie lors de la montée en température, qui se traduit par un crochet dans l'enregistrement du poids, permet de contrôler la fidélité du couple placé très près de l'échantillon.

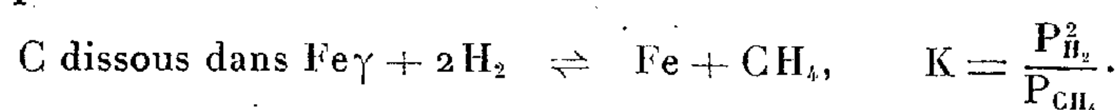
(*) Séance du 24 novembre 1952.

Celui-ci est tout d'abord carburé à la teneur voulue en carbone, calculée par son gain de poids, par passage d'un mélange carburant. Nous nous sommes assurés que cette méthode était correcte, et que la variation de poids n'était due qu'au carbone réparti uniformément dans l'échantillon. Le mélange



gazeux est ensuite ajusté jusqu'à constance de poids de l'éprouvette. La sensibilité de la méthode est montrée par une variation de poids décelable lorsque la proportion de méthane dans le mélange gazeux diffère de 0,015 % en valeur absolue de celle qui correspond à l'équilibre.

Le tableau I reproduit quelques valeurs que nous avons obtenues pour la constante d'équilibre K de la réaction



$$\text{C dissous dans Fe}\gamma + 2H_2 \rightleftharpoons \text{Fe} + CH_4, \qquad K = \frac{P^2_{H_2}}{P_{CH_4}}.$$

L'erreur relative sur ces déterminations est de l'ordre de 5 %.

C_E sont les valeurs expérimentales :

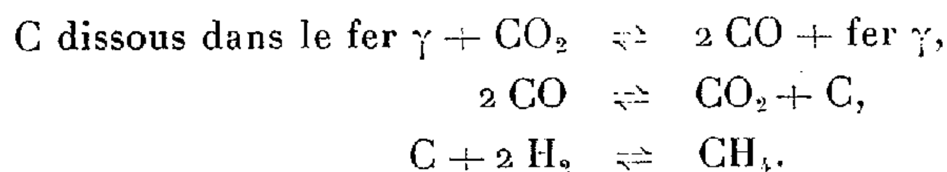
K_a sont les valeurs déduites du diagramme établi par Austin et Day (1).

$E_r = (C_E - K_a)/K_a$ est l'écart relatif de nos mesures par rapport à celles des auteurs précités.

Tube laboratoire en silice.

Carbone (%).	Température (°C).	C_E.	K_a.	E_r %.
0,225	900	292	252	+ 16
0,35	925	205	208	— 1,4
0,475	946	183	191	— 4,3
0,61	1022	276	285	— 12,5
0,85	1008	168	182	— 7,8
1,014	965	91	104	— 6,7

Nos mesures se poursuivent dans le sens d'une exploration plus complète en fonction de la température. Elles apportent dès à présent une confirmation satisfaisante, avec des valeurs cependant un peu inférieures, des constantes calculées par Austin et Day à partir de celles des équilibres :



$$\text{C dissous dans le fer } \gamma + CO_2 \rightleftharpoons 2\,CO + \text{fer } \gamma,$$
$$2\,CO \rightleftharpoons CO_2 + C,$$
$$C + 2\,H_2 \rightleftharpoons CH_4.$$

Elles répondent d'ailleurs au vœu exprimé par ces auteurs qui avaient recouru au calcul, faute d'un nombre suffisant de déterminations directes assez précises ([1]).

DISTILLATION DE PRÉCISION. — *Contribution à l'étude de l'effet du prélèvement intermittent sur l'efficacité des colonnes à rectifier.* Note (*) de M. **René Romanet**, présentée par M. Paul Pascal.

Les têtes de colonne à rectifier peuvent se classer ainsi :

I. Têtes de colonne à prélèvement continu :

a. sur la phase vapeur : tête de colonne à condensation partielle;

b. sur la phase liquide : tête de colonne à condensation totale.

II. Têtes de colonne à prélèvement discontinu :

a. sur la phase vapeur;

b. sur la phase liquide.

Dans le cas du prélèvement discontinu la totalité de la vapeur parvenant à la tête de colonne est prélevée comme distillat (sous forme de vapeur dans le premier cas, après condensation dans le second cas) pendant un intervalle de temps t; la colonne est ensuite laissée à reflux total pendant le temps T; après quoi le même cycle recommence. Pratiquement les têtes de colonne pour prélèvement intermittent sont toujours à commande électromagnétique.

L'alimentation de la colonne étant supposée constante, le rapport $(T+t)/t$ est théoriquement égal au rapport de rétrogradation $V/D=(L+D)/D$. En fait le rapport de rétrogradation effectif est légèrement différent du rapport $(T+t)/t$, la différence entre les deux valeurs étant fonction de la longueur du parcours effectué par le clapet-vanne (dans le cas du prélèvement sur la phase vapeur) ou par le canal mobile d'écoulement (dans le cas du prélèvement sur la phase liquide), du réglage du solénoïde de commande par rapport à son armature mobile, de la quantité de liquide retenu dans la tête de colonne en fonctionnement normal, de l'importance de la condensation produite à la partie inférieure de la tête de colonne par le reflux liquide refroidi à une température inférieure à celle de la vapeur entrant dans la tête de colonne.

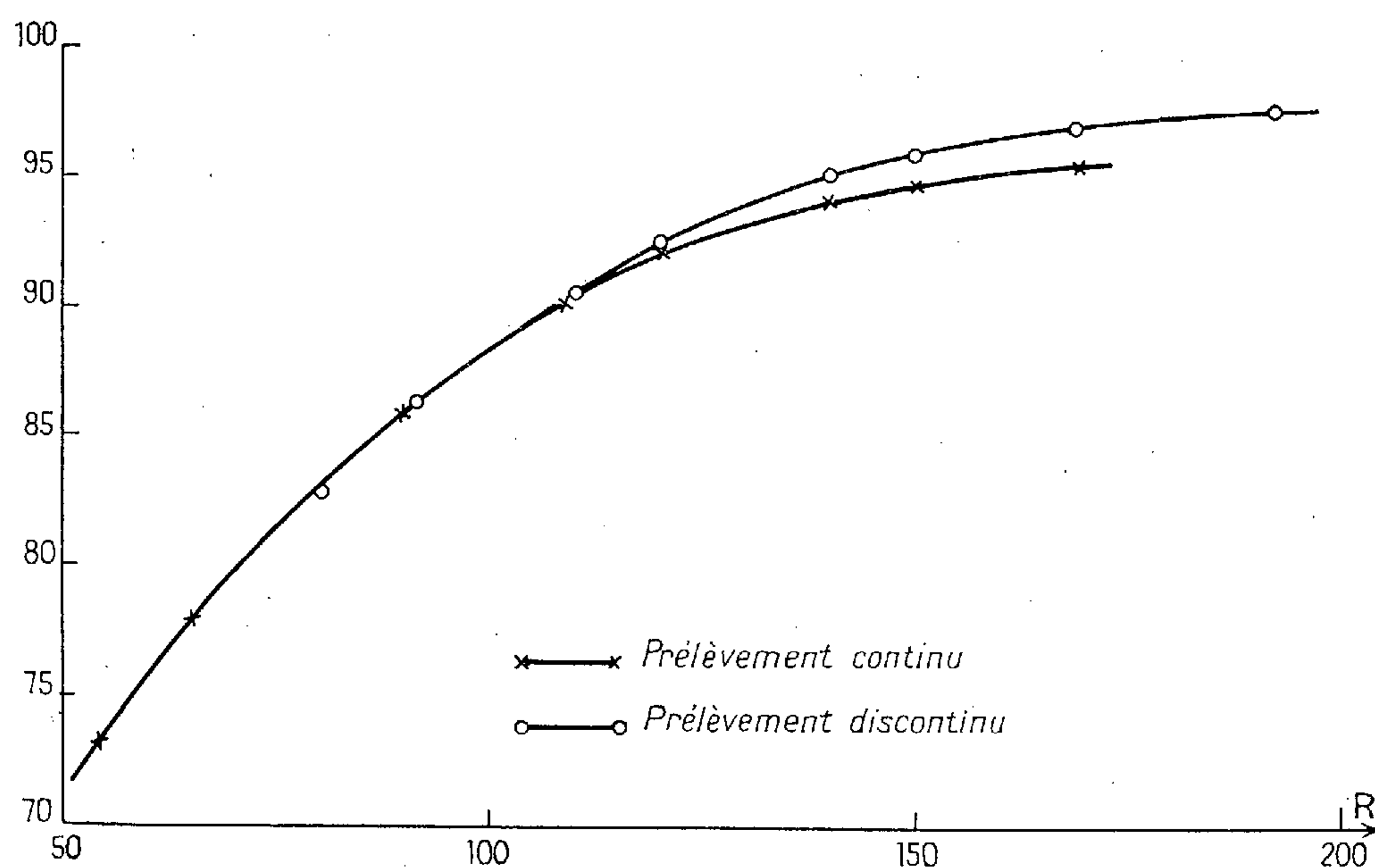
([1]) *Controlled Atmospheres*, A. S. M. Édition, 1942, Cleveland, Ohio, U.S.A., p. 20 à 56.

(*) Séance du 24 novembre 1952.

Il a été signalé que dans certains cas le prélèvement intermittent donnait de meilleurs résultats que le prélèvement continu (1), (2), (3), mais aucune étude systématique n'a été faite sur ce sujet.

L'étude théorique de la question se heurte à des difficultés mathématiques considérables, même dans le cas le plus simple d'un mélange binaire se comportant comme une solution idéale; elle n'a jamais été faite.

L'étude expérimentale systématique elle-même n'a pas été entreprise; le présent travail a pour but de combler partiellement cette lacune.



L'installation de distillation de précision utilisée à cet effet est celle précédemment décrite (3), (4). Le mélange utilisé dans toutes les distillations est constitué par 50 % de *d*-citronellol et 50 % de géraniol. La pression en tête de colonne est maintenue constante $P = 1 \pm 1/150$ mm et est la même dans toutes les expériences. La vitesse d'alimentation de la colonne est maintenue constante $V = 0{,}28$ mole/h (section de la colonne 3 cm^2) et est la même dans toutes les expériences; ceci correspond à un volume liquide mesuré à 15° de l'ordre de 51 cm^3/h. Le fonctionnement de la colonne est adiabatique; l'engorgement de la colonne est systématiquement réalisé au début de toutes les expériences afin de s'assurer que tout le garnissage a été mouillé; puis, la vitesse d'alimentation de la colonne étant ramenée à la valeur

(1) W. J. Podbielniak, *Anal. Chem.*, **13**, 1941, p. 639.

(2) D. M. Oldroyd et L. A. Goldblatt, *Anal. Chem.*, **18**, 1946, p. 761-763.

(3) R. Romanet, *Comptes rendus*, **230**, 1950, p. 1064.

(4) R. Romanet, *Comptes rendus*, **235**, 1952, p. 412.

ci-dessus, la colonne est laissée 24 h à reflux total, temps au bout duquel elle a pratiquement atteint un régime de fonctionnement stationnaire.

Pour les distillations avec prélèvement continu du distillat on utilise une tête de colonne à condensation totale avec réglage manuel du rapport de rétrogradation (prélèvement sur la phase liquide). Pour les distillations avec prélèvement discontinu, on utilise une tête de colonne à commande électromagnétique, le prélèvement étant effectué sur la phase vapeur; le condenseur est alimenté à vitesse constante avec de l'eau à température constante. Indiquons à titre d'exemple que dans les conditions expérimentales réalisées la valeur moyenne de chaque prélèvement est $a = 1/40\ \text{cm}^3$ pour $t = 1{,}5$ sec.

L'efficacité de la colonne est déterminée par la concentration en composé le plus volatil (*d*-citronellol) de la fraction distillée comprise entre 40 et 45 % de la quantité totale en distillation ([4]).

La figure donne l'efficacité de la colonne ainsi définie en fonction du rapport de rétrogradation effectif dans le cas du prélèvement continu et dans le cas du prélèvement discontinu, avec $a = 1/6\ \text{cm}^3$ dans ce dernier cas.

L'examen de cette figure montre que l'intérêt du prélèvement intermittent n'est certain que pour les colonnes à grande efficacité utilisées avec des rapports de rétrogradation élevés.

ÉLECTROCHIMIE. — *Sur le calcul des charges électriques formées à l'intérieur des solutions dans des régions de très forte discontinuité du champ électrique.* Note (*) de M. **José Lima-de-Faria**, présentée par M. Louis de Broglie.

L'auteur refait le calcul de Kohlrausch sur les valeurs des charges électriques formées à l'intérieur des solutions dans des régions de très forte discontinuité du champ électrique et, en introduisant la constante diélectrique de l'eau, trouve des valeurs beaucoup plus grandes que celles prévues par Kohlrausch. Ce résultat est d'accord avec le mécanisme de l'accélération de réactions chimiques sous l'action d'un champ électrique.

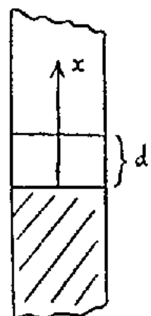
Considérons un tube de verre placé verticalement et contenant deux électrolytes différents séparés par une certaine région de contact d'épaisseur d (voir *figure*). Si les deux électrolytes ont des conductivités différentes et si le tube est traversé par un courant, alors, d'après l'équation de Poisson, une charge électrique doit apparaître dans la région de transition des deux électrolytes.

En 1897 Kohlrausch ([1]) a fait le calcul de cette charge supposant réalisées les conditions optima de discontinuité. Il a admis que l'électrolyte de plus grande conductivité était un électrolyte fort, concentré, et que l'électrolyte mauvais conducteur était de l'eau. D'autre part il a supposé que : *a*. le champ dans la

(*) Séance du 24 novembre 1952.

([1]) *Ann. Phys. Chim.*, 62, 1897, p. 209.

région de l'eau était de 30 V/cm; *b*. dans l'électrolyte bon conducteur le champ était nul; *c*. la transition d'un électrolyte à l'autre s'effectuait dans une région de 1 cm d'épaisseur. Si l'on considère l'électrolyte composé par les ions



A^+ et B^-, et représentant par α et ρ les concentrations par unité de volume exprimées en unités électrostatiques de charge, respectivement des ions A^+ et B^-, l'application de l'équation de Poisson telle qu'elle a été utilisée par Kohlrausch nous donne

$$\alpha - \rho = -\frac{1}{4\pi}\frac{\partial^2 V}{\partial x^2}. \tag{1}$$

Comme la variation du champ se fait de 30 V/cm (0,1 en u. e. s.) à 0 V/cm, Kohlrausch a fait $-(\partial^2 V/\partial x^2) = 0,1$, et il vient donc de (1),

$$\alpha - \rho = \frac{0,1}{4\pi} = 0,008 \text{ u. e. s.}$$

par unité de volume. La charge totale qui existerait dans la colonne, si le tube avait la section de 1 cm² serait donc de 0,008 u. e. s.. Si la discontinuité se faisait, non dans l'épaisseur de 1 cm mais dans l'épaisseur de 1/1000 mm alors $-(\partial^2 V/\partial x^2) = 10^3$ et $\alpha - \rho = 10^3/4\pi = 80$ u. e. s.. La charge totale serait $80.v = 80.10^{-4} = 0,008$ u. e. s. (v étant le volume). On voit que d'après ce calcul la charge totale ne dépend pas de l'épaisseur de la région de transition.

Voyons maintenant les remarques qu'on doit faire sur le calcul de Kohlrausch. $\alpha - \rho$ étant la différence entre les concentrations des ions par unités de volume exprimées en unités électrostatiques de charge de l'électrolyte concentré, cette différence représente la densité de charge vraie (et non pas la densité de charge libre) et dans ces conditions on doit faire intervenir la constante diélectrique K du milieu et l'équation de Poisson s'écrira

$$\alpha - \rho = \frac{1}{4\pi}\operatorname{div} K\vec{E}. \tag{2}$$

Pour faire le calcul de la charge, admettons que K et $\vec{E}$ (champ électrique) sont des fonctions de point et que par raison de symétrie variant seulement avec la direction x (voir *figure*). La section du tube étant de 1 cm², la charge

totale R sera

$$(3)\qquad R = \iiint_v (\alpha - \rho)\, dv = \frac{1}{4\pi}\int_0^d \frac{d}{dx} K(x)E(x)\, dx = \frac{1}{4\pi}[K(x)E(x)]_0^d$$

$$= \frac{1}{4\pi}[K(d)E(d) - K(0)E(0)].$$

Puisque $E(0) = 0$, $K(d) = 80$, et que $E(d)$ en régime stationnaire ou quasi stationnaire est égal à $-(\partial V/\partial x) = 0{,}1$, on obtient pour la charge totale R, $R = 0{,}1/4\pi \times 80 = 0{,}64$ u. e. s. On voit que la charge totale est indépendante non seulement de l'épaisseur de la région de transition mais aussi de la manière dont varient la constante diélectrique et le champ à l'intérieur de cette région de transition.

Dans le cas encore plus favorable et facile à réaliser, d'une discontinuité de 100 V/cm à 0 V/cm, la charge serait de 2,2 u. e. s. Cette valeur est beaucoup plus grande que celle prévue par Kohlrausch (0,008 u. e. s.) (2) et déjà très proche des densités maxima de charges obtenues par les moyens électrostatiques (environ 8 u. e. s./cm^2).

Les charges ainsi formées correspondent à des quantités d'ions libres très faibles par rapport à la quantité totale des ions dans la solution ; mais elles peuvent cependant par ces effets électrostatiques changer localement et d'une façon considérable la concentration de l'électrolyte diluée environnant, dans le cas des expériences où l'on remplace l'eau par une solution très diluée d'un autre électrolyte (3).

PHYSIQUE MACROMOLÉCULAIRE. — *Sur la théorie de l'effet Maxwell : effet des fluctuations de forme de la molécule. Application à la détermination de la structure des acides nucléiques en solution.* Note (*) de M. **Roger Cerf**, présentée par M. Gustave Ribaud.

On sait qu'il existe deux types simples d'effet Maxwell. *L'effet d'orientation* (1) (particules rigides allongées) est dû à une orientation préférentielle de ces molécules sous l'action combinée du champ hydrodynamique et de l'agitation thermique. (Θ' = temps d'établissement de l'orientation préférentielle.) *L'effet de déformation* est dû aux tensions hydrodynamiques qui s'exercent sur une particule déformable. Ce dernier effet se présente à l'*état pur* pour une solution de sphères élastiques (Θ = temps de relaxation de déformation de la

(2) Kohlrausch a dû ne pas introduire la constante diélectrique de l'eau dans son calcul probablement à cause de l'incertitude qui régnait à l'époque sur sa valeur.

(3) *Voir* la Note précédente et *Comptes rendus*, **234**, 1952, p. 948.

(*) Séance du 24 novembre 1952.

(1) A. Péterlin et H. A. Stuart, *Zeits. f. Phys.*, **112**, 1939, p. 1.

sphère) lorsque $\Theta' > 3\Theta$. Dans ce cas, étudié antérieurement par l'auteur ([2]), l'influence de l'agitation thermique est négligeable en première approximation.

Les deux formules pour $(\operatorname{tg}\alpha)_0$ (lignes neutres) se mettent sous une forme remarquable commune (où l'on pose respectivement $\tau = \Theta'$ et $\tau = \Theta$) :

$$\frac{1}{2(\operatorname{tg}\alpha)_0} = \frac{1}{\tau}. \tag{1}$$

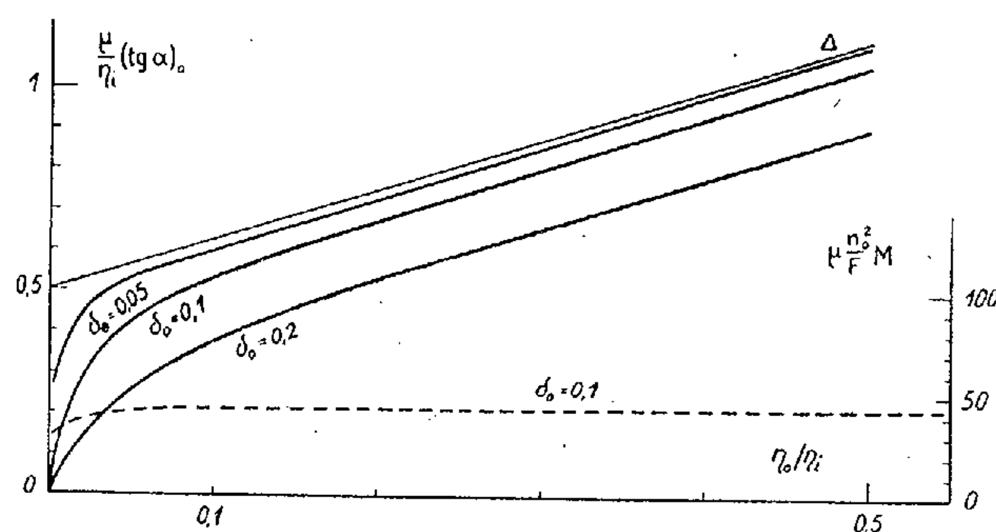
Il suffit pour obtenir ce dernier résultat de porter la valeur de Θ ([3]) dans l'expression de $(\operatorname{tg}\alpha)_0$ pour la sphère élastique ([2]).

Appliquant une méthode précédemment décrite ([3]), j'ai généralisé mes résultats antérieurs ([2]) et calculé l'effet Maxwell présenté par une solution de sphères élastiques dans le cas général où l'effet des fluctuations de forme de la molécule n'est pas négligeable, Θ et Θ' n'étant plus liés par l'inégalité précédente. Les résultats sont les suivants :

I. Lignes neutres. — On a

$$\frac{1}{2(\operatorname{tg}\alpha)_0} = \frac{1}{\Theta} + \frac{1}{\Theta'}. \tag{2}$$

La figure représente les courbes donnant $\mu(\operatorname{tg}\alpha)_0/\eta_i$ pour différentes valeurs de la déformation quadratique moyenne δ_0^2. Lorsque les conditions de validité de mon premier calcul ([2]) sont vérifiées, c'est-à-dire lorsque la viscosité η_0 du solvant est suffisamment grande, on retrouve avec une bonne approximation le comportement caractéristique de l'effet de déformation (droite Δ sur la figure).



Lorsque η_0 décroît, l'effet d'orientation (des configurations non sphériques) se substitue graduellemeut à l'effet de déformation et la courbe s'incurve pour passer par l'origine des coordonnées. Récemment Kuhn ([4]) avait déjà tenté de généraliser mes résultats de 1948; utilisant pour ce calcul un modèle plus rudimentaire que la sphère élastique, il était parvenu à un résultat qui ne s'écarte pas trop de la formule (2).

([2]) *Comptes rendus*, 227, 1948, p. 1352 ; *J. Chim. Phys.*, 48, 1951, p. 59.

([3]) R. Cerf, *Comptes rendus*, 235, 1952, p. 876.

([4]) W. Kuhn, H. Kuhn et P. Buchner, *Erg. d. exakten Naturw.*, XXV, 1951, p. 1.

II. *Grandeur de la biréfringence.* — La constante de Maxwell est donnée par la formule suivante (courbe en pointillé sur la figure) où le facteur optique F a la même expression qu'en (2)

$$M = 45 \frac{F}{\mu n_0^2} \frac{\frac{\eta_0}{\eta_i} + \frac{4\delta_0^2}{5}}{\frac{\eta_0}{\eta_i} + \frac{4\delta_0^2}{3}}. \tag{3}$$

Ces résultats permettent de préciser les conditions d'emploi du critérium que j'ai donné ([5]) pour faire la distinction entre l'effet d'orientation et l'effet de déformation [mesures de $(\operatorname{tg}\alpha)_0$ pour différentes valeurs de η_0] et confirment que de telles expériences permettent de décrire la structure de la molécule en solution. *Les valeurs de η_0 doivent couvrir un domaine aussi étendu que possible.*

a. Si la courbe (C) donnant $(\operatorname{tg}\alpha)_0$ en fonction de η_0 est une droite passant par l'origine des coordonnées, la molécule dissoute est très probablement rigide. [Cas du virus de la mosaïque du tabac ([5]).]

b. Si la courbe (C) s'écarte de la droite précédente, la molécule est déformable. L'expérience a toujours fourni, jusqu'à présent, un écart représenté de façon qualitative par la formule (2). Ce comportement fut mis en évidence d'abord pour des polystyrènes ([5]) qui fournissaient des segments de courbe C apparemment voisins de l'asymptote, et par conséquent qualitativement conformes aux résultats (approchés) de mon premier calcul ([2]). La présente théorie conduit à une interprétation nouvelle des expériences de Schwander et Cerf ([6]) sur les acides nucléiques, lesquels apparaissent ainsi comme déformables, contrairement à des conclusions antérieures. Dans ces expériences, la courbure de la courbe (C) ne se manifestait toutefois que pour des valeurs élevées de η_0 ($\sim 0{,}07$ C. G. S.) et ces molécules étaient sans doute encore relativement allongées et rigides. Pour d'autres acides nucléiques ([7]) la courbure apparaît plus tôt (pour $\eta_0 \sim 0{,}01$ C. G. S.) et la courbe (C) coïncide sur une grande longueur avec son asymptote; ces molécules sont sans doute davantage pelotonnées.

CHIMIE THÉORIQUE. — *Considérations sur l'action de l'ion cobalt dans l'hydrolyse enzymatique des peptides.* Note de Mme **Andrée Goudot**, présentée par M. Louis de Broglie.

Parmi les enzymes un grand nombre contiennent des métaux. Ces métaux ont des caractères communs, facilement dissociables et oxydables, ils sont de plus à l'état bivalent dans l'oligo-élément.

([5]) *Comptes rendus*, 230, 1950, p. 81; *J. de Chimie Phys.*, 48, 1951, p. 85.

([6]) *Helv. Chim. Acta*, 34, 1951, p. 436.

([7]) Horn, Leray, Pouyet et Sadron, à paraître au *J. of Polymer Sc.* Depuis l'envoi du manuscrit, Leray a utilement complété ses résultats expérimentaux.

Nous allons, dans cette Note, faire une étude théorique de l'action enzymatique à l'aide de la chimie électronique et voir si la formation du complexe n'a pas pour résultat la baisse de l'énergie de transition. Les faits expérimentaux qui caractérisent l'action enzymatique sont [1] : 1° La chaîne aliphatique du substrat donne un chélate; 2° Les enzymes forment un complexe avec leur substrat.

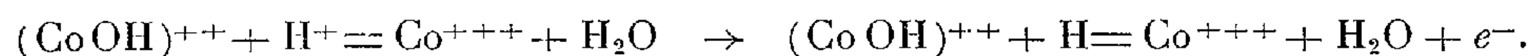
D'autre part, R. N. Keller dit que d'après ses expériences sur les peptides, trois molécules de substrat sont coordonnées autour du métal, mais il ne donne pas la nature ni la structure de ce composé intermédiaire. L'exemple que nous avons choisi est l'hydrolyse de la glycylglycine aboutissant à la formation de deux molécules de glycine (glycocolle). Le cobalt est le métal de l'enzyme dirigeant cette hydrolyse.

Complexes covalents. — Suivant la théorie de la valence dirigée un atome peut être acceptateur autant de fois qu'il possède une case vide. Dans le cas que nous étudions, le cobalt bivalent a deux orbites $3d$, l'orbite $4s$ et les trois orbites $4p$ disponibles comme orbites de liaison. Partant des résultats expérimentaux et des propriétés de l'ion cobalt, nous pouvons dire que le complexe formé par l'enzyme et trois molécules de substrat ne peut avoir qu'une structure octaédrique. Le type d'hybridation étant sp^3d^2, les six directions de valence sont dirigées vers les six sommets d'un octaèdre régulier dont chacun est occupé par un groupe amino-acide simple.

L'ion cobalt étant acceptateur d'électrons le complexe enzyme-substrat doit se faire aux dépens des électrons de valence du substrat.

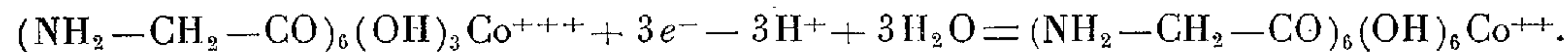
Dans les réactions d'hydrolyse il y a réversibilité, c'est-à-dire qu'il peut y avoir synthèse de deux molécules de glycine formées pour redonner une molécule de glycylglycine. Cependant, les cas de synthèse sont rares car le complexe cobalteux est très instable.

Le passage de l'ion bivalent à l'ion trivalent tient au fait que la molécule de substrat se chélatant un H du groupe amine et OH du groupe carboxyl se rapprochent de l'ion métallique



$$(\mathrm{CoOH})^{++} + \mathrm{H}^{+} = \mathrm{Co}^{+++} + \mathrm{H_2O} \rightarrow (\mathrm{CoOH})^{++} + \mathrm{H} = \mathrm{Co}^{+++} + \mathrm{H_2O} + e^{-}.$$

On peut alors schématiser la réaction d'équilibre hydrolyse-synthèse entre le complexe cobaltique enzyme — trois molécules de glycylglycine et le complexe cobalteux enzyme — six molécules de glycine de la façon suivante :



$$(\mathrm{NH_2{-}CH_2{-}CO})_6(\mathrm{OH})_3\mathrm{Co}^{+++} + 3e^{-} - 3\mathrm{H}^{+} + 3\mathrm{H_2O} = (\mathrm{NH_2{-}CH_2{-}CO})_6(\mathrm{OH})_6\mathrm{Co}^{++}.$$

(1) Smith, *Symposia on quantitative biology*, **14**, 1949.

Les trois électrons nécessaires à cette relation d'équilibre devant être les électrons libres des trois liaisons peptidiques.

Énergie d'activation. — Cette énergie est par définition la différence entre l'énergie potentielle de l'état activé et l'énergie potentielle de l'état initial. Dans le cas de l'hydrolyse de la liaison peptidique, cette énergie d'activation a été calculée et trouvée égale à 32 kcal ([2]).

Nous allons, dans cette Note, essayer de voir si la formation du complexe enzyme-substrat n'a pas pour résultat d'abaisser l'énergie de transition.

Dans l'exemple choisi, nous avons :

à l'état initial en présence : 3 mol de glycylglycine et l'enzyme;

à l'état initial dans la catalyse enzymatique, un complexe covalent enzyme-substrat.

Lamb et Larson ont étudié la chaleur de formation d'un certain nombre de cobaltamines. Ils trouvent des valeurs variant entre —55 et —60 kcal.

On peut supposer que cette énergie nécessaire à la formation du système est également répartie entre les 3 mol du substrat soit : 18 à 20 kcal/mol. D'autre part, la chimie théorique nous apprend que les variations d'énergie de la molécule portent sur les électrons mobiles des liaisons multiples, c'est-à-dire sur la liaison peptidique.

Nous trouvons donc pour l'hydrolyse enzymatique de la liaison peptidique une énergie d'activation variant entre $32 - 20 = 12$ kcal et $32 - 18 = 14$ kcal.

Ce sont bien les valeurs expérimentales ([2]) trouvées pour l'hydrolyse de la liaison peptidique.

MÉTALLOGRAPHIE. — *Contribution à l'étude du revenu des aciers à coupe rapide*. Note de MM. **André Henri Michel** et **Jean Papier**, présentée par M. Pierre Chevenard.

Il est généralement admis que l'austénite résiduelle, contenue dans un acier à coupe rapide trempé à partir d'une température avoisinant 1300°, est assez stable pour ne pas se décomposer sensiblement avant 500 ou 600° au cours d'un revenu par chauffe continue. Ainsi, Morris Cohen et Koh ([1]) n'ont signalé une telle transformation qu'aux températures nettement supérieures à 400°. Or, nos recherches sur les aciers du type W 18 Cr 4V2, dont une récente Note a précisé le but ([2]), nous ont fait assister à la décomposition de l'austénite résiduelle à des températures nettement plus basses.

([2]) R. Wurmser, *Cinétique des réactions biochimiques*, C. D. U., Paris.

([1]) *Trans. Amer. Soc. Metals*, 27, 1939, p. 1015.

([2]) *Comptes rendus*, 235, 1952, p. 619.

Dans un tel acier, trempé à 1300° dans l'huile, puis réchauffé à partir de la température ambiante à la vitesse de 250 degrés/h, l'analyse dilatométrique et l'analyse thermomagnétique montrent nettement une transformation $\gamma \rightarrow \alpha$. Les effets de cette réaction sur le volume spécifique et l'aimantation de

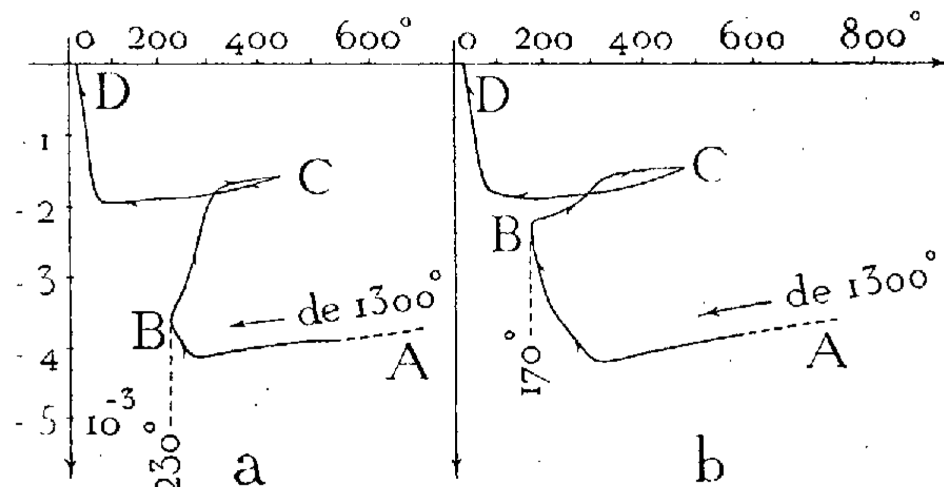


Fig. 1. — Dilatation différentielle. Acier C 0,79; W 18,80; Cr 4,36; V 1,90 %.
AB : refroidissement spontané à l'air. — BC : chauffage à 250 degrés/h.
CD : refroidissement spontané à l'air.

l'alliage, acquièrent une amplitude plus faible quand la trempe est suivie d'un refroidissement dans l'air liquide, dont le résultat est de compléter la transformation austénite $\rightarrow$ martensite. Enfin, si l'acier brut de trempe est soumis dans le dilatomètre à un revenu isotherme de 7 h, la contraction qui se manifeste au-dessous de 285° se change au-dessus de 330°, en une expansion caractéristique de $\gamma \rightarrow \alpha$.

La technique des refroidissements interrompus par un réchauffage conduit à la même conclusion. Si l'acier, aussitôt refroidi depuis 1300° jusqu'à la température de bain de plomb (*fig.* 1, trajet AB), est réchauffé à la vitesse de 250 degrés/h (trajet BC), une expansion se produit tout aussitôt

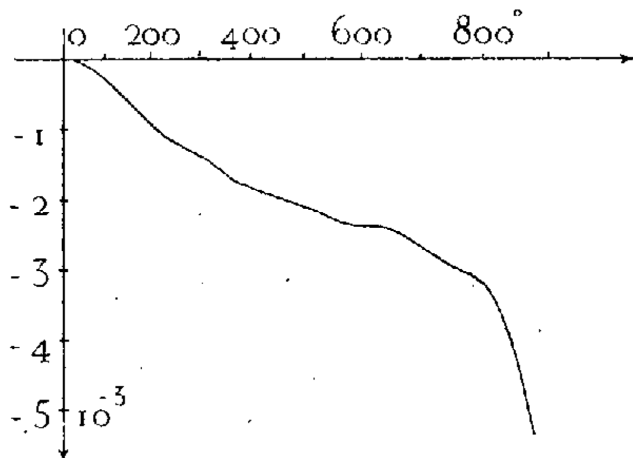


Fig. 2. — Dilatation différentielle du même acier préalablement trempé à 1300° dans l'huile.

quand la température du point B dépasse 225° (courbe 1 *a*) et, quand elle est plus basse, seulement au delà de 225° (courbe 1 *b*). Dans tous les cas, cette expansion s'arrête vers 350°. Ces phénomènes sont qualitativement les mêmes avec l'acier 18. 4. 1. étudié par Morris Cohen et Koh;

mais la transformation bainitique est bien moins intense, ce qui explique qu'elle aît échappé à leur observation.

Au cours d'un revenu par chauffe continue à 250 degrés/h, à partir de la température ambiante (*fig.* 2), le dilatomètre accuse la décomposition de la martensite par deux contractions situées, l'une entre 60 à 270,° l'autre entre 300 et 400°. Ces domaines sont donc chevauchés par l'intervalle où se produit la décomposition de l'austénite résiduelle.

Il nous paraît indispensable de porter l'attention sur cette décomposition, soit qu'elle se borne à surajouter une expansion aux diminutions de volumes caractéristiques du revenu au sein de la martensite, soit qu'elle intervienne pour *modifier la cinétique de ce dernier phénomène*. Nos travaux actuels sont orientés vers la recherche d'une semblable intervention.

En même temps, nous nous efforçons d'élucider les facteurs qui interviennent pour faire varier l'amplitude de l'une ou l'autre des singularités qui traduisent la décomposition de la martensite.

CHIMIE INDUSTRIELLE. — *Sur la variation de la carboxyréactivité des cokes au cours même de sa détermination.* Note de MM. **Henri Guérin** et **Lucien Hosti**, présentée par M. Paul Lebeau.

Nous avons déterminé la carboxyréactivité de différents cokes à la température de 1250°, en utilisant une méthode voisine de celle décrite précédemment par l'un de nous [1]. On fait passer sur l'échantillon de coke (15 cm³, granulé 20-40) un volume déterminé de CO_2 en un temps bien précisé, de la façon suivante : Le tube laboratoire contenant l'échantillon est interposé entre deux ballons A et B, A étant rempli de CO_2 sous une certaine pression tandis que le vide règne dans le tube laboratoire et dans B. En mettant en communication les ballons A et B pendant 30 s, on provoque le passage, sur l'échantillon, d'une quantité de CO_2 rigoureusement identique d'une détermination à l'autre. Par un choix judicieux des volumes des deux ballons (A : 3,5 l et B : 6,5 l) et par l'interposition entre A et le tube laboratoire d'un capillaire convenable (diamètre : 0,6 mm et longueur : 50 cm), le gaz s'écoule à un débit moyen de 20 cm³/s, la variation du débit au cours des 30 s que dure l'essai étant inférieure à 15 %.

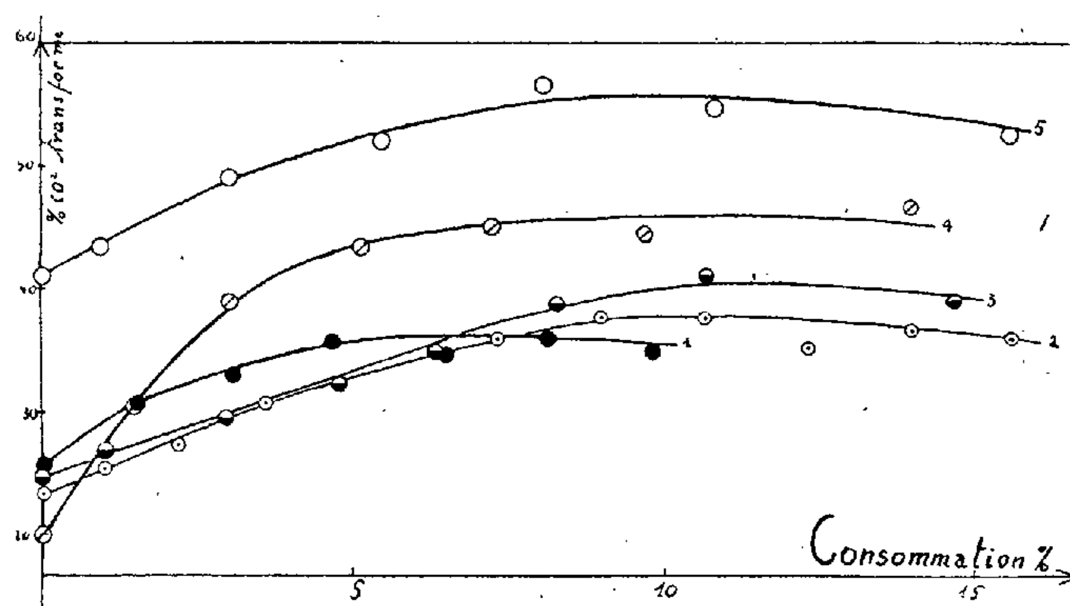
Afin d'opérer à 1250°, nous avons utilisé un tube laboratoire en « triangle H » aux extrémités duquel nous avons soudé deux rodages en pyrex. La température du coke, déterminée à l'aide d'un couple thermoélectrique introduit dans le tube sous un protège-couple en alumine, est maintenue constante grâce à un régulateur.

---

[1] H. Guérin et M. Dupoizat, *Comptes rendus*, **219**, 1944, p. 165.

Le coke, maintenu dans le vide d'une trompe à diffusion, est porté à 1250°, en 2 h 30 mn, puis dégazé durant 15 mn à cette température. On procède au premier passage de l'anhydride carbonique et, après avoir isolé les ballons A et B, on prélève un échantillon des gaz résultants et l'on fait à nouveau le vide dans le tube laboratoire et dans le ballon B, tandis que la pression de CO_2 dans le ballon est ramenée à sa valeur initiale. On est ainsi à même de procéder à une nouvelle mesure après 30 mn.

On peut alors suivre la variation de la carboxyréactivité à une température constante en fonction de l'usure du coke, celle-ci étant évaluée d'après le volume et le taux de transformation du CO_2 ayant passé sur le charbon.



Les résultats correspondant à cinq cokes nous ont permis d'établir les courbes de la figure qui ont toutes la même allure et suggèrent les remarques suivantes :

A. Dans une première phase, correspondant à une usure inférieure à environ 5 %, la carboxyréactivité des cokes augmente très nettement alors que la masse de l'échantillon diminue;

B. Après une consommation de l'ordre de 5 à 10 % selon les cas, l'indice de carboxyréactivité se stabilise à peu près, puis manifeste une lente diminution qui pourrait s'expliquer par la perte de poids de l'échantillon. En effet, certains essais au cours desquels nous avons maintenu plus de 12 h l'échantillon de coke dans le vide à 1250°, montrent que les phénomènes de graphitation auxquels on pourrait attribuer cette diminution ne jouent pas ici un rôle important.

Ces résultats, comparés à ceux que nous avons obtenus précédemment au cours d'essais opérés à 950° d'après la méthode A.F.N.O.R. modifiée (2) et qui montrent qu'à 950° la carboxyréactivité des cokes, après avoir diminué

(2) H. Guérin et L. Hosti, *Communication présentée au IVe Congrès international de Chauffage industriel*, 1952.

plus ou moins, se stabilisait pour une usure du charbon de l'ordre de 1 à 2 %, permettent déjà de tirer les conclusions suivantes.

1° Les essais effectués, d'une part, à 950°, d'autre part, à 1250°, dans des conditions de durée de contact très différentes, fournissent des valeurs de *carboxyréactivité initiale* telles que, compte tenu de la précision de la méthode, les cokes examinés se classent dans le même ordre; il apparaît donc que la grandeur que l'on détermine dans ces conditions constitue bien une caractéristique des cokes, indépendante de l'appareillage.

2° Les variations de carboxyréactivité constatées tant à 950° qu'à 1250° ne sont aucunement parallèles d'un coke à l'autre, de sorte que les classements que l'on pourrait déduire des valeurs stabilisées ainsi obtenues seraient très différents de celui qui correspond aux réactivités initiales.

3° En mettant l'accent sur l'ampleur des variations que peut subir la carboxyréactivité des cokes au cours même de sa détermination, nos résultats expliquent pourquoi la plupart des essais proposés pour déterminer cette grandeur ne permettent pas d'obtenir au laboratoire un classement des cokes qui soit en accord avec leurs comportements pratiques. Ils montrent qu'on ne pourra prétendre atteindre un tel résultat que lorsqu'on aura mis au point un essai de *carboxyréactivité intégrale*, c'est-à-dire faisant intervenir non seulement le combustible dans l'état où il est introduit dans l'appareil d'utilisation, mais les diverses formes par lesquelles il passe entre le moment où il commence à réagir et celui où il est transformé en mâchefers.

CHIMIE ORGANIQUE. — *Action des échangeurs d'anions sur la condensation du furfural avec les aldéhydes ou avec l'acétone.* Note (*) de M. **Pierre Mastagli**, Mlle **Angèle Floc'h** et M. **Georges Durr**, présentée par M. Marcel Delépine.

Dans cette Note, les auteurs montrent que l'on peut obtenir les α-furfurylidènes-aldéhydes et l'α-furfurylidène-acétone, d'une manière sélective au moyen des échangeurs d'anions du type aminopolystyrolène.

On sait que les échangeurs d'anions, par l'alcalinité qu'ils engendrent autour de leurs molécules, peuvent crotoniser les aldéhydes aliphatiques [1]. C'est ainsi que l'Amberlite IR-4B appartenant aux polyalkylènes-polyamines, fournit à partir de l'œnanthol, de l'œnanthylidène-œnanthol. L'Amberlite IRA-400 de la famille des polystyrolènes contenant des groupes aminoquaternaires, semble avoir une influence beaucoup moins nette sur cette crotonisation. En revanche, c'est un agent de condensa-

(*) Séance du 24 novembre 1952.

(1) Durr et Mastagli, *Comptes rendus*, 235, 1952, p. 1038.

tion idéal pour crotoniser les aldéhydes, les cétones aliphatiques sur le furfural.

Tandis que, dans la condensation sodique des aldéhydes avec le furfural, on obtient toujours comme réaction secondaire, des aldéhydes linéaires crotonisées sur eux-mêmes (réaction que l'on évite en partie en faisant réagir une proportion de furfural beaucoup plus grande que la théorie ne le prévoit), au contraire, le IRA-400 fournit sélectivement des α-furfurylidènes-aldéhydes. Non seulement les rendements sont améliorés par cette méthode, mais la pureté des produits y gagne considérablement, puisque les furfurylidènes-aldéhydes ne sont plus souillés par les produits secondaires résultant de la condensation des aldéhydes sur eux-mêmes et possédant des points d'ébullition très proches dans certains cas.

Dans un premier essai, nous avons fait réagir, en chauffant, 100 g d'hexanal sur 120 g de furfural et 30 g d'échangeur Amberlite IRA-400. La réaction se déclenche vers 110° C et devient rapide à 118-120° C. On élimine l'eau à mesure qu'elle se forme. On décante, sépare l'échangeur par filtration et l'on distille.

L'α-furfurylidène-hexanal obtenu a les constantes suivantes :

$\acute{E}_{760}$ 258-259,5° C; $\acute{E}_{10}$ 129,5° C; n_D^{16} 1,5689; d_4^{14} 1,019;
PM (par oximation) 179; PM calculé 178.

Le même travail a été effectué avec l'heptanal. 60 g d'heptanal, 100 g de furfural et 20 g d'échangeur Amberlite IRA-400.

On obtient l'α-furfurylidène-heptanal dont voici les constantes :

$\acute{E}_{17}$ 151,5° C; n_D^{17} 1,5597; d_4^{14} 1,004.
PM (par oximation) 198; PM calculé 192.

D. Ivanoff donne pour le même produit (2) :

$\acute{E}_{11}$ 135-136,5° C; n_D^{14} 1,534; d_4^{17} 0,9761.

Pour l'acétone, nous avons dû travailler sous pression. Nous avons chauffé : 60 g de furfural, 70 g d'acétone et 15 g d'échangeur.

Nous avons obtenu 30 g de monofurfurylidène-acétone (F 37° C). Le reste est constitué principalement par du difurfurylidène-acétone.

En résumé, il semble que les échangeurs aient une action sélective sur les condensations crotoniques : il est possible de choisir un catalyseur tout à fait adapté à la condensation que l'on désire obtenir, ce qui n'est pas réalisable par les méthodes employant la soude ou la potasse.

---

(2) *Bull. Soc. Chim.*, 35, 1924, p. 1665.

CHIMIE ORGANIQUE. — *Réduction de l'oxalate d'éthyle par l'hydrure de lithium-aluminium.* Note de MM. **Roger Barré** et **Léopold Favreau**, présentée par M. Marcel Delépine.

La réduction de l'oxalate d'éthyle en éthylène glycol a été obtenue par réaction avec l'hydrure de lithium-aluminium; le rendement de 78 % a été établi par conversion de l'éthylène glycol en benzoate.

La réduction des esters des diacides aliphatiques en diols correspondants a été faite par plusieurs méthodes qui n'ont pas réussi cependant à réduire l'oxalate d'éthyle en éthylène glycol. On pouvait s'attendre à cette anomalie de réactivité de l'oxalate d'éthyle, anomalie qui est commune aux premiers termes des séries fonctionnelles et accentuée dans ce composé par l'influence réciproque des deux fonctions esters contiguës.

L'adipate d'éthyle ayant été réduit avec succès par l'hydrure de lithium-aluminium (1), ce réactif a été essayé avec l'oxalate d'éthyle, et la réduction en éthylène glycol s'est produite. Comme il était difficile d'évaluer par distillation fractionnée la quantité précise d'éthylène glycol formé, nous avons converti ce dernier en benzoate et, de la quantité de ce dérivé, nous avons établi le rendement de la réaction (78 %). Ainsi donc l'action énergique de l'hydrure de lithium-aluminium a surmonté les difficultés de la réduction de l'oxalate d'éthyle et a permis pour la première fois de le réduire en éthylène-glycol avec un assez bon rendement.

Voici résumés les détails essentiels de cette réduction. 11,3 g d'oxalate d'éthyle dissous dans 150 ml d'éther absolu sont ajoutés par petites quantités à 100 ml d'éther absolu contenant 3,4 g de $LiAlH_4$ préparés suivant la méthode habituelle et contenus dans un ballon à trois ouvertures, muni d'un agitateur mécanique. On agite trente minutes après l'addition et le complexe formé est traité par les méthodes usuelles (acide sulfurique dilué, eau froide, neutralisation par la soude 20 %). Le précipité d'hydroxyde Al-Li est filtré et lavé plusieurs fois par de l'eau. Le filtrat et les eaux de lavage sont concentrés dans le vide à un volume de 150 ml, on ajoute 8 g de NaOH et le tout est additionné graduellement avec agitation mécanique à 24 g de C_6H_5COCl maintenus à 0°C. On obtient 14,5 g de benzoate d'éthylène glycol (F 73°C); le point de fusion de ce composé, mélangé à du benzoate d'éthylène glycol préparé à partir d'un échantillon authentique, ne varie pas. Comme ce dérivé se prépare avec un rendement de 90 %, le calcul donne un rendement de 78 % pour la réduction de l'oxalate d'éthyle en éthylène glycol par l'hydrure de LiAl.

(1) R. F. Nystrom and W. G. Brown, *J. Am. Chem. Soc.*, 69, 1947, p. 1197.

CHIMIE ORGANIQUE. — *Sur les colorants disazoïques dérivés des sels de diméthyl-1.2 benzothiazolium.* Note de M. **Henri Wahl** et Mlle **Marie-Thérèse Lebris**, présentée par M. Marcel Delépine.

Nous avons signalé (1) qu'une molécule d'un sel de diméthyl-1.2 benzothiazolium (I) réagit très facilement avec deux molécules d'un disazoïque pour former des colorants disazoïques auxquels nous avons attribué provisoirement la structure (II).

Cette double copulation a été constatée, même en milieu peu alcalin (pyridine, carbonate ou acétate de sodium) sur plus de vingt sels de diazonium divers. Tous nos efforts pour isoler le terme intermédiaire probable, c'est-à-dire le monoazoïque ont échoué jusqu'ici. Par contre, il a été possible de l'obtenir par des voies détournées.

Ainsi en chauffant une solution alcoolique d'un sel (I) avec le diazoaminobenzène (diphényl triazène) selon le procédé que Knott (2) a utilisé en série quinaldique, il se forme un sel cristallisé dont la composition correspond à celle d'un monoazoïque tautomère de l'hydrazone (IV) et (V).

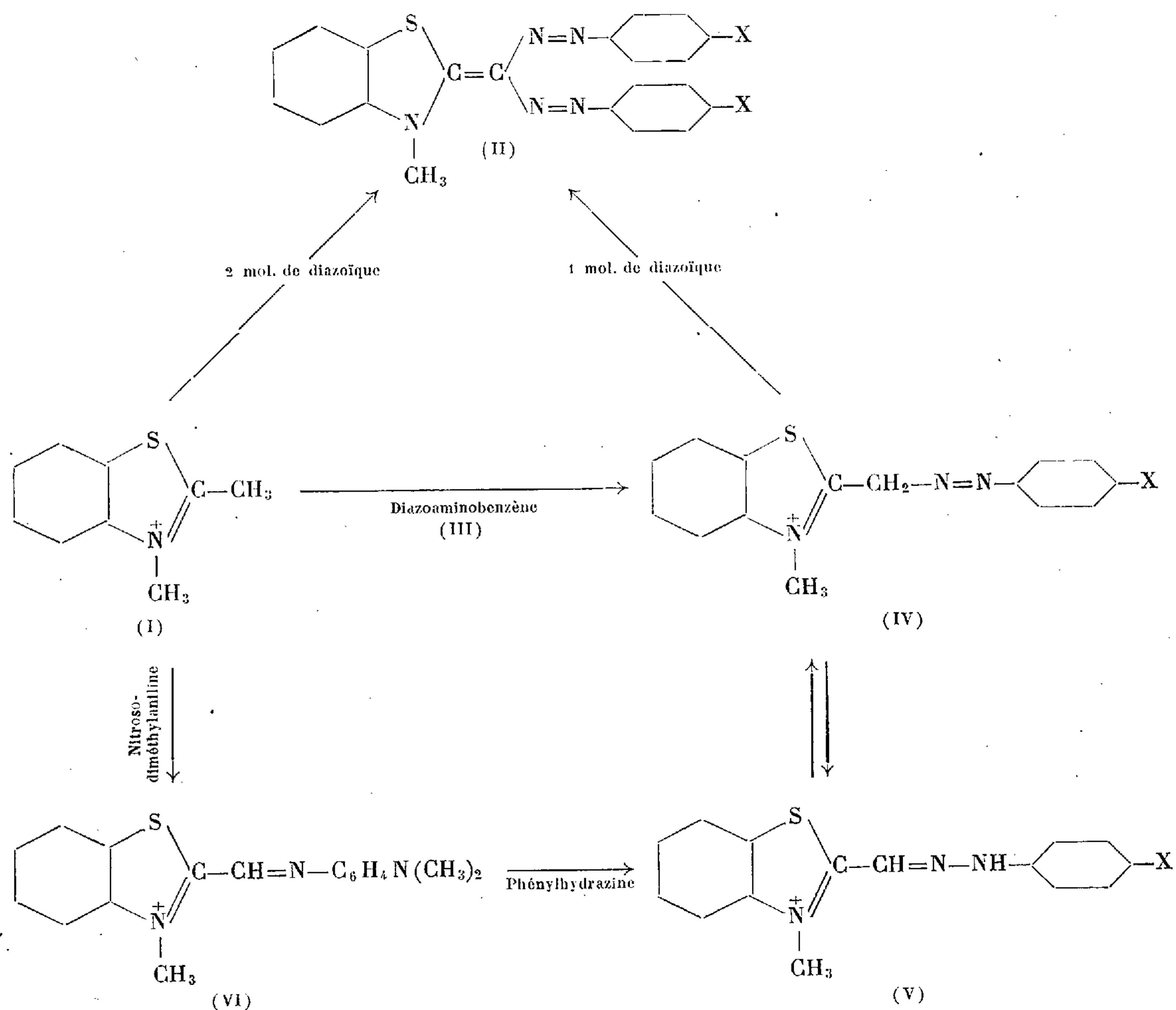
Nous avons en particulier isolé ainsi le méthylsulfate de méthyl-1 phénylazométhylène-2 benzothiazolium (IV) (X = H) qu'on peut aussi nommer méthylsulfate de méthyl-1 phénylhydrazinométhine-2 benzothiazolium (V) (X = H) en beaux cristaux oranges (aiguilles) F 248° $\lambda m = 450\ m\mu$ (alcool) (analyses : trouvé %, N = 11,08-S 16,88; calculé, 11,09 et 16,40 respectivement).

Le même composé s'obtient également en transformant d'abord (I) en azométhine (VI) (méthylsulfate F 194-195°) par condensation avec la *p*-nitrosodiméthylaniline. Cette azométhine réagit à température ordinaire en milieu chlorhydrique sur la phénylhydrazine (3) en formant un chlorhydrate $C_{15}H_{14}N_3S, HCl$ — F 219°, en aiguilles orangées $\lambda m = 450\ m\mu$ (Analyses : calculé %, N 13,80; S 10,40; Cl 10,95; trouvé % respectivement, 13,45, 10,60 et 10,94). L'identité des produits obtenus par ces deux méthodes a été contrôlée par la comparaison des points de fusion des chlorhydrates et des nitrates F 263°, presque insolubles dans l'eau froide, ainsi que par l'identité des spectres d'absorption dans le visible.

Comme nous le supposions, ce monoazoïque copule en milieu pyridique avec le chlorure de phényldiazonium en formant un disazoïque en aiguilles orangées F 183° (alcool) dont la composition, le point de fusion et le spectre sont

(1) H. Wahl et M. Th. Lebris, *Comptes rendus*, 234, 1952, p. 631.
(2) *J. Chem. Soc. Londres*, 1951, p. 1586.
(3) Humphriess, *J. chem. Soc.*, Londres, 1926, p. 374.

identiques à ceux du produit de la copulation directe du même diazoïque sur (I).



D'une façon semblable, en remplaçant la phénylhydrazine par son dérivé *p*-nitré, nous avons obtenu à partir de l'azométhine (VI) le nitrate de méthyl-1 *p*-nitrophénylazométhylène-2 benzothiazolium ou nitrate de méthyl-1 *p*-nitrophénylhydrazinométhine-2 benzothiazolium, aiguilles brunes à reflets métalliques, F 241-242° (Analyses : calculé %, N 18,67; S 8,55; trouvé %, respectivement 18,57 et 8,75).

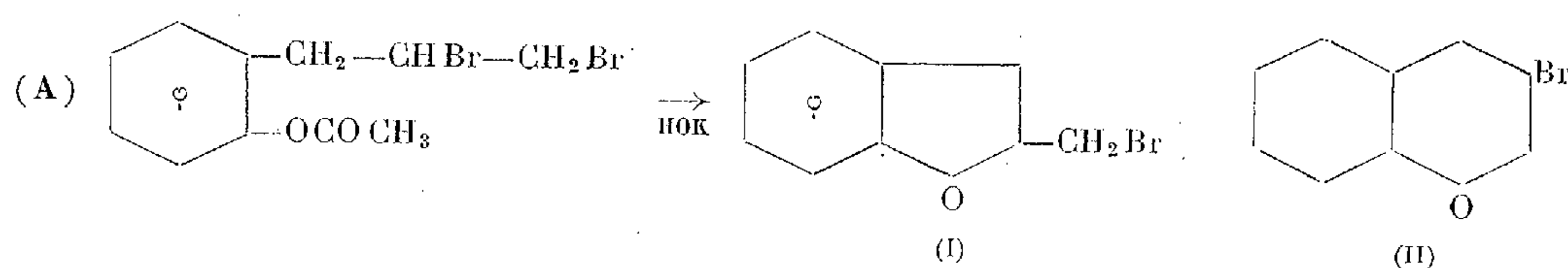
Le chlorure de *p*-nitrophényldiazonium copule en milieu pyridique avec ce composé en donnant des aiguilles vert mordoré (pyridine) F 287° $\lambda m = 490\, m\mu$ qui sont identiques au produit de copulation directe du même diazoïque sur I.

Ce mode de préparation montre la parenté des nouveaux produits avec les dérivés formazyliques de von Pechmann. Ils en diffèrent cependant par leur existence, en milieu alcalin, sous forme de disazoïques.

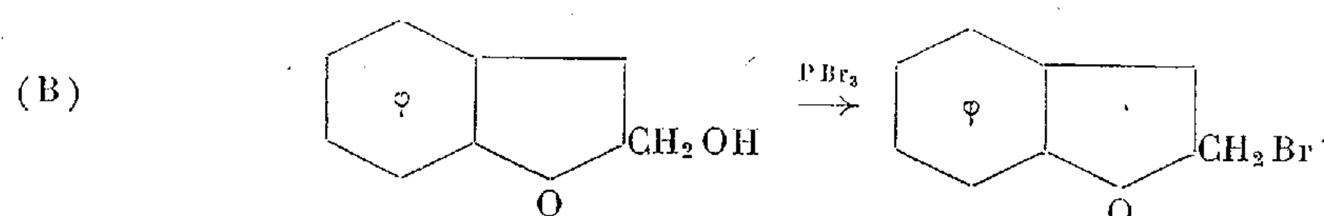
CHIMIE ORGANIQUE. — *Sur la pureté du bromométhylcoumaranne selon le mode de préparation.* Note de Mlle **Angèle Gabert** et M. **Henri Normant**, présentée par M. Marcel Delépine.

La cyclisation du dibromure de l'acétate de l'*o*-allylphénol, conduit en réalité, à un mélange de 90 % environ de bromométhylcoumaranne et de 10 % de bromo-3 chromanne; on réalise le passage du méthyl-2 bromo-3 benzofuranne à l'*o*-propynylphénol.

Il est admis que l'action de HOK sur le dibromure précédent conduit à un dérivé monobromé unique (1), liquide, considéré comme le *bromométhyl-2 coumaranne* (I) :



Or le traitement de l'alcool correspondant à (I) par PBr_3, en présence de pyridine, fournit un bromure cristallisé : $É_{15}$ 138°; F 29-30° (éther de pétrole) (2) :



Il paraît donc probable que la réaction (A) engendre, en fait, un mélange des monobromures isomères (I) et (II); ce que l'expérience vérifie.

En effet, l'introduction dans le bromure liquide, préparé suivant (A), d'un germe solide obtenu selon (B), en provoque la prise en masse. Par cristallisations répétées dans l'éther de pétrole, on isole environ 90 % de (I), solide F 29-30°, fondant sans dépression avec un échantillon de provenance (B).

Les eaux-mères fournissent un bromure liquide E_{20} 139-140°; d_{16}^{9} 1,472, qui est le *bromo-3 chromanne* (II) (C_9H_9OBr) dont la structure est établie par transformation en Δ_3 chromène (III) au moyen de HOK alcoolique. Ce dernier a fourni un dibromure F 124-125°; l'épreuve du mélange avec un échantillon de provenance différente (3) est concluante.

Au surplus, l'action de $NH(CH_3)_2$ en excès conduit au *diméthylamino-3 chromanne* ($C_{11}H_{15}ON$) E_{15} 125-126°, d_{16}^{12} 1,030, chlorhydrate F 202-203°;

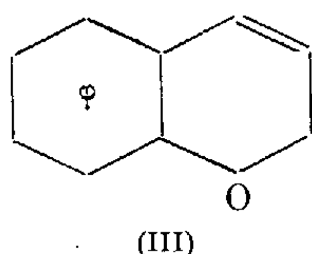
(1) Adams et Rindfusz, *Amer. Chem. Soc.*, 41, 1919, p. 648.

(2) Paul et Normant, *Comptes rendus*, 220, 1945, p. 919.

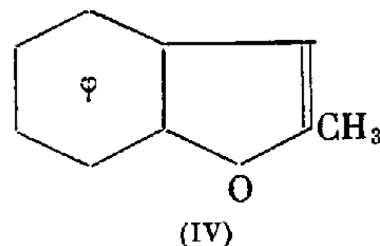
(3) Normant et Maitte, *Comptes rendus*, 234, 1952, p. 1787.

oxalate acide F 166°, le diméthylaminométhyl-2 coumaranne isomère est connu ([4]), chlorhydrate F 191-192°; oxalate acide F 176°.

Il résulte des considérations précédentes que l'enlèvement de BrH au bromure de provenance (A) doit donner un mélange de (III) et (IV) que l'on sépare



(III)

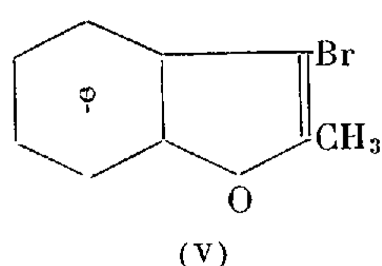


(IV)

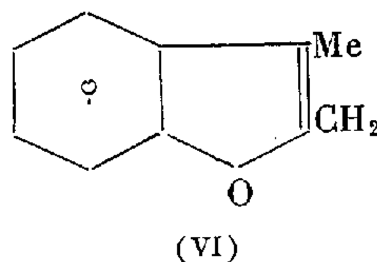
effectivement après de nombreux tours.

Le *méthyl-2 benzofuranne* pur (IV), préparé à partir du bromure (I) soigneusement recristallisé, présente les constantes : E_{14} 78-79°, d_4^{19} 1,058; n_D^{19} 1,5360. Son picrate fond à 74-78° (déc.); Stoermer indique F 72-74° ([5]).

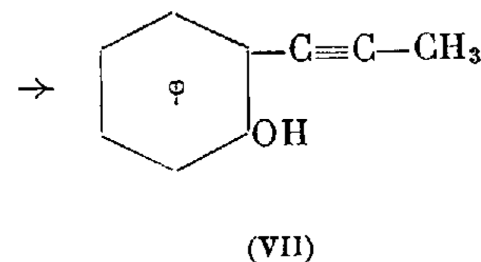
Par action de Br_2 en solution éthérée sur (IV), puis de C_2H_5ONa, on obtient (V) E_{12} 103-105; Rdt 88 %



(V)



(VI)



(VII)

Dans ce composé l'atome de Br, peu mobile, ne se prête pas aux réactions de double décomposition, mais s'échange avec les métaux alcalins (VI) en donnant après réarrangement un phénol acétylénique (VII).

Une réaction analogue a déjà été signalée pour le bromo-3 benzofuranne ([6]).

Le rendement en phénol (VII) est avec Na : 27 % dans le toluène et 50 % dans l'éther; il s'élève à 80-82 % avec le *n*.butyl-lithium en milieu éthéré.

L'*o-propynylphénol* (VII) (C_9H_8O), $É_{11}$ 102°; $d_4^{19,5}$ 1,062 ; $n_D^{19,5}$ 1,5917 présente une odeur agréable rappelant celle du gaïacol. On en a préparé la phényluréthane F 87-88° (C_6H_6) et le dérivé oxyacétique F 113-114° (eau). Par hydrogénation catalytique, en présence de Ni Raney, dans les conditions ordinaires, il fixe $2H_2$, et donne l'*o*-propylphénol $É_{12}$ 103-105°; phényluréthane F 110-111° ([7]); le dérivé oxyacétique, non décrit, fond à 99-100°.

([4]) Maderni, *Thèse*, Paris, 1934, p. 20.

([5]) Stoermer, *Ber.*, 48, 1915, p. 62.

([6]) Gilman et Melstrom, *Amer. Chem. Soc.*, 70, 1948, p. 1655.

([7]) Claisen, *Annalen*, 418, 1919, p. 88.

CHIMIE ORGANIQUE. — *Recherches sur les amines β, γ et δ acétyléniques.* Note de MM. **Israël Marszak**, **Roland Epsztein** et **Martin Olomucki**, présentée par M. Jacques Tréfouël.

L'étude des amines tertiaires γ et δ acétyléniques, composés jusqu'à présent inconnus, a été abordée par la synthèse des termes à fonction acétylénique vraie. Quelques réactions de ces composés, ainsi que de leur homologue inférieur β acétylénique ont été étudiées et plusieurs amines et amino-alcools à fonction acétylénique bisubstituée, préparés.

Nous avons récemment décrit la synthèse du diméthyl amino-1 butyne-3, $HC \equiv C(CH_2)_2N(CH_3)_2$(I) ([1]), abordant ainsi l'étude des amines contenant la fonction acétylénique en β, série à notre connaissance entièrement nouvelle. Les relations entre la structure et l'activité pharmacologique de quelques dérivés de ces composés ont été étudiées en collaboration avec M. Jacob ([2]).

Nous nous sommes proposé de continuer nos recherches dans cette série et de les étendre aux amines γ et δ acétyléniques, composés à notre connaissance également inconnus. Les premiers termes de ces séries, amines à fonction acétylénique vraie, nous semblent présenter un grand intérêt par le fait qu'ils peuvent se prêter à de multiples synthèses grâce à leur atome d'hydrogène mobile. Ainsi nous avons préparé les amines suivantes :

(II)	$HC\equiv C(CH_2)_3N(CH_3)_2$	$É_{115}$ 72-72°,5	n_D^{15} 1,4340
(III)	$HC\equiv C(CH_2)_3N(C_2H_5)_2$	$É_{40}$ 76°	n_D^{22} 1,4380
(IV)	$HC\equiv C(CH_2)_4N(CH_3)_2$	$É_{20}$ 53°	n_D^{18} 1,4320
(V)	$HC\equiv C(CH_2)_4N(C_2H_5)_2$	$É_{15}$ 72°	n_D^{15} 1,4430

Le diméthylamino-1 pentyne-4 (II) a été préparé par deux voies différentes : soit à partir de l'amine éthylénique correspondante, par fixation de brome sur son chlorhydrate et enlèvement d'acide bromhydrique au moyen de l'amidure de sodium dans l'ammoniac liquide, avec un rendement de l'ordre de 25 %, soit, avec un bon rendement, par action de la diméthylamine sur l'iodo-1 pentyne-4 ([3]), préparé à partir du chloro-1 pentyne-4 par traitement avec l'iodure de sodium, le composé chloré résultant de l'action du chloro-1 bromo-3 propane sur l'acétylure de sodium dans l'ammoniac liquide ([4]). Avec la diéthylamine, l'iodo-1 pentyne-4 a fourni le diéthylamino-1 pentyne-4 (III). Le diméthyl- et le diéthyl- amino-1 hexyne-5 (IV) et (V) ont été obtenus de

(1) Marszak et Epsztein, *Bull. Soc. Chim.*, 1952, p. 441.

(2) Jacob, Marszak, Epsztein et Guermont, *Comptes rendus*, 234, 1952, p. 1230.

(3) Eglington et Whiting, *J. Chem. Soc.*, 1950, p. 3650.

(4) Henne et Kenneth, *J. Amer. Chem. Soc.*, 67, 1945, p. 484.

façon analogue en employant l'iodo-1 hexyne-5 obtenu par l'intermédiaire du dérivé chloré correspondant à partir du chloro-1 bromo-4 butane [5].

Les amines à fonction acétylénique disubstituée, diméthylamino-1 hexyne-4 (VI), -heptyne-4 (VII), -heptyne-5 (VIII) et -octyne-5 (IX) ont été préparées par action des halogénures d'alcoyles sur les dérivés sodés des amines (II) et (IV), suivant la technique décrite par Parcell et Pollard [6] et appliquée par nous dans les séries α [7] et β [1] :

(VI)	$CH_3—C\equiv C(CH_2)_3N(CH_3)_2$	$É_{35}$ 72°	n_D^{20} 1,4372
(VII)	$CH_3.CH_2.C\equiv C(CH_2)_3N(CH_3)_2$ ...	$É_{18}$ 73°	n_D^{26} 1,4410
(VIII)	$CH_3—C\equiv C—(CH_2)_4N(CH_3)_2$	$É_{18}$ 75-76°	n_D^{19} 1,4420
(IX)	$CH_3—CH_2—C\equiv C(CH_2)_4N(CH_3)_2$.	$É_{13}$ 84-84°,5	n_D^{18} 1,4450

Les amines à fonction acétylénique monosubstituée se prêtent également à la préparation de diverses séries d'amino-alcools acétyléniques. Ainsi, en faisant agir le trioxyméthylène sur le dérivé sodé du diméthylamino-1 butyne-3(I) dans l'ammoniac liquide, ou dans l'éther, nous avons obtenu le diméthylamino-1 pentyne-3 ol-5 : $HOCH_2—C\equiv C(CH_2)_2N(CH_3)_2$, $E_{0,05}$ 77°; n_D^{18} 1,4730, contenant la fonction aminée sur un carbone en β et la fonction alcool sur un carbone en α par rapport au groupement —C≡C—. En condensant le même dérivé sodé avec l'oxyde d'éthylène, on obtient le diméthylamino-1 hexyne-3 ol-6 : $HO(CH_2)_2—C\equiv C—(CH_2)_2N(CH_3)_2$, $E_{0,2}$ 72°; n_D^{15} 1,4720, contenant les deux fonctions alcool et amine sur des carbones en β par rapport au groupe —C≡C—.

D'autres réactions sont à l'étude. Dès maintenant, nous pouvons signaler quelques résultats positifs en ce qui concerne la préparation de diamines contenant la fonction acétylénique à des distances variables des fonctions aminées. Les détails de ces travaux seront publiés ailleurs.

GÉOGRAPHIE PHYSIQUE. — *Sur la morphométrie du massif palestinien.* Note de M. **Étienne de Vaumas**, présentée par M. Emmanuel de Margerie.

Le massif palestinien est limité au Nord par la plaine d'Esdrelon, au Sud par le Negeb, à l'Ouest par la plaine côtière, à l'Est par le Ghor. On peut le diviser en trois parties du Nord au Sud : les parties centrale et méridionale comprennent un noyau montagneux et une région de collines plus basses (la Sephela), la partie septentrionale voit disparaître cette opposition et ne forme plus qu'une région d'altitudes moyennes.

Ses caractéristiques morphométriques sont très remarquables.

---

(5) Newman et Wotiz, *J. Amer. Chem. Soc.*, **71**, 1949, p. 1292.

(6) *J. Amer. Chem. Soc.*, **72**, 1950, p. 312 et 1378.

(7) Marszak, Guermont, Epsztein et Jacob, *Comptes rendus*, **233**, 1951, p. 530.

1° *Les courbes hypsographiques.* — La montagne considérée dans sa partie septentrionale (secteur central du massif), dans sa partie méridionale (secteur méridional du massif) ou dans son ensemble, montre des courbes à distribution des superficies par tranche d'altitude en un triple compartiment : les altitudes inférieures ont une extension très réduite tandis que les altitudes moyennes occupent presque tout le développement de la courbe; quant aux altitudes supérieures, elles sont pratiquement inexistantes.

Les courbes du massif, au contraire, qu'il s'agisse de chacun des trois secteurs ou de sa totalité, sont très différentes : les altitudes inférieures et supérieures sont beaucoup plus développées, et le point d'inflexion entre les altitudes inférieures et les altitudes moyennes n'apparaît plus que très peu.

2° *Les coefficients de massivité.* — Ils représentent des valeurs considérables, extraordinaires même dans la montagne.

Massif.	Partie septentrionale	29 %	Montagne.	Partie Nord	59 %
»	» centrale	44	»	» Sud	71
»	» méridionale	45	»	Ensemble	64
»	Ensemble	42			

Ces chiffres montrent que l'adjonction de la Sephela au noyau montagneux réduit beaucoup la massivité du haut pays palestinien. Le fait n'a rien d'étonnant mais ce qui l'est beaucoup plus, c'est l'ordre de grandeur des coefficients, tout à fait inhabituel dans un pays de plissements.

3° *Relations des caractéristiques morphométriques avec le relief et la structure.* — Les relations qui ont été établies précédemment entre morphométrie et relief, morphométrie et structure, à propos du massif galiléen, sont également valables pour le massif palestinien (1).

Certains points cependant méritent d'être particulièrement soulignés.

La quasi-inexistence des altitudes supérieures et la très grande extension des altitudes moyennes dans la montagne s'expliquent par des sommets encore plus tranquilles qu'en Galilée et par un travail de l'érosion encore plus faible qu'il ne l'était dans ce dernier massif; quant à la superficie très réduite des altitudes inférieures, la raideur des pentes qui dominent la Sephela ou leur caractère abrupt du côté du Ghor explique suffisamment le phénomène.

Le massif palestinien est compact et manque totalement d'aération; les coefficients de massivité le font nettement ressortir et confirment parfaitement ce qui est visible sur le terrain. Quant à la structure, courbes et

(1) *Comptes rendus*, **235**, 1952, p. 1146.

coefficients démontrent amplement à eux seuls combien l'anticlinal de Palestine est plus lourd que celui de Galilée. Son profil en anse de panier est, en effet, extrêmement marqué.

4° *Conclusions.* — De l'étude morphométrique de la Galilée et de la Palestine, se dégagent des conclusions très intéressantes.

La massivité de ces pays est extrêmement forte. Elle est sans aucune commune mesure avec celle des Alpes françaises (23 %), elle dépasse celle des chaînes du type « pli de fond » (Pyrénées françaises : 30,5 %) et surclasse même parfois nettement dans leur partie montagneuse celle des pays hercyniens (Auvergne : 45 %). Inhabituelle dans les régions plissées ordinaires, elle caractérise des plis d'un type très lourd au profil très écrasé.

Cette conclusion ressortait déjà de l'étude du Liban et de l'Antiliban. Il est cependant à noter que la Haute-Galilée (45 %) est encore plus massive que le Liban (42 %), et que la Haute-Galilée libanaise (63 %) dépasse même l'Antiliban proprement dit (57 %). Quant au noyau montagneux palestinien, il bat tous les records avec 64 %, sa partie Sud atteignant même 71 %.

Pour ce qui est du manque d'aération de la Galilée et de la Palestine, il est dû essentiellement à trois causes qui sont : le caractère récent du cycle actuel, la constitution karstique des massifs, l'aridité (ou la subaridité) du climat.

GÉOGRAPHIE PHYSIQUE. — *Sur la signification des lacs dans la Morphogenèse des Combrailles.* Note de M. **Jean Dautry**, présentée par M. Emmanuel de Margerie.

Des étendues lacustres relativement importantes, localisées sur le revers Sud-Est des Combrailles, occupent de larges dépressions fermées. Leurs émissaires actuels ne se raccordent aux réseaux de la Sioule et du Chavanon que par une série de ruptures de pente très nettes sur tous leurs profils longitudinaux.

D'autres dépressions aussi vastes, de même origine, occupées par des marais ou des tourbières, résultent d'un comblement local. Ces dépressions ou ces lacs traduisent en fait deux stades successifs de la régularisation en cours, dans le cadre d'une évolution indépendante des principaux niveaux de base locaux. Leur alignement général NNE-SSW correspond au rejeu d'une double faille hercynienne (contact anormal à l'Ouest, faille caractérisée à l'Est) séparant les granites de Guéret de ceux d'Auvergne (1).

(1) E. Raguin, *Géologie du granite*, Paris, Masson, 1946; J. Jung, *Géologie de l'Auvergne et de ses confins bourbonnais et limousins*, Imp. Nat., 1946, Paris (Mémoires

Cependant, ils n'ont aucun rapport direct avec la structure, et jalonnent *deux ensembles morphologiquement très différents, dont la limite recoupe constamment ces failles, nivelées à plusieurs reprises.*

A l'Ouest, le plateau constitué par des hauteurs très surbaissées alternant avec ces dépressions s'étend sans transitions depuis les plus hautes surfaces de la montagne Limousine, dont elles représentent le prolongement (2). Un réseau aux versants à peine modelés, empâté dans des masses de débris; l'incertitude de l'écoulement à travers des fonds mal draînés montrent que les processus d'érosion aussi bien que ceux d'accumulation agissent là en parfaite indépendance vis-à-vis des réseaux hiérarchisés (Sioulet-Chavanon) avec lesquels ils n'ont rien de commun. Cette évolution se rapproche de celle d'une vieille surface d'érosion, dérivée de la pénéplaine Posthercynienne (3). Mais il faut distinguer deux parties sur cette surface :

a. Au Nord-Est, les plateaux de Mérinchal, Montel de Gelat, Biollet, forment un ensemble homogène, aux interfluves très larges, aux dépressions lacustres importantes mais rares.

b. Au Sud-Ouest, le plateau de Giat, caractérisé au contraire par l'extension des croupes, disposées sans ordre (850 à 900 m) encadrant des dépressions beaucoup plus nombreuses. La topographie y est celle, inconnue partout ailleurs dans les Combrailles, du Haut-Limousin. Le réseau est constitué par un fourmillement d'étangs et de dépressions allongées dans deux directions orthogonales (NW-SE et NE-SW). L'enfoncement des thalwegs s'y manifeste, alors que la dissymétrie structurale des Combrailles y disparaît complètement.

A l'Est de ces deux régions, on relève des traces de plus en plus nombreuses (carte géologique d'Ussel) *d'une couverture Oligocène.* Ces dépôts se composent de débris arkosiques renfermant des sables et argiles avec quartz subanguleux et quelques rares concrétions calcaires. Leur épaisseur augmente progressivement vers le SE (4), ce qui correspond dans l'ensemble au maximum de subsidence de la Limagne proche. Or, au Nord de Pontaumur, le plateau de Saint-Gervais-d'Auvergne et celui de Manzat semblent n'en avoir jamais porté, malgré la facilité de conservation sous

---

pour servir à l'explication de la Carte géologique détaillée de la France); J. M. Dautry, *Comptes rendus*, 226, 1948, p. 1458.

(2) A. Perpillou, *Le Limousin, étude de géographie physique régionale* (*Thèse*, Chartres, 1940, Durand).

(3) L'évolution indépendante de portions importantes des hautes surfaces du Limousin et de l'Auvergne est attestée par le manque de cohésion dans les parties supérieures et moyennes des rivières, et par les différences profondes existant entre les modalités de l'érosion de 700 à 900 m d'altitude, entre 560 et 700 m, puis sur les surfaces inférieures.

(4) Confirmation par M. J. Jung lors d'une conversation en 1951.

des basaltes ([5]). Le fait important *est que la limite amont d'enfoncement du réseau hydrographique et la rareté soudaine des sillons d'érosion se confondent avec la limite probable de cette couverture* (*Stampienne* ?) *qui a subi elle-même un début de planation Post-Oligocène.*

Les étendues lacustres et les dépressions précédemment définies se trouvent ainsi à la limite de cette surface d'aplanissement Post-Oligocène ayant tronqué le Tertiaire inférieur et mordu plus ou moins sur le massif ancien [surface alvéolaire ([6])]. La région des lacs n'est donc pas seulement une zone de concentration hydrographique particulière, mais traduit surtout le passage d'une surface dérivée de la pénéplaine post-hercynienne à un aplanissement beaucoup plus récent.

L'interprétation correcte de cette morphogenèse fait ainsi intervenir l'influence des mouvements Tertiaires à l'intérieur même du socle cristallin : postérieurement à la formation d'une surface Eogène ([7]), l'affaissement de la partie Est et Sud-Est, puis un début de planation, montrent dans quelles conditions a dû s'effectuer une banquette d'érosion Aquitanienne ([8]) au cœur du massif ancien cristallin. Les lacs des Combrailles (revers Sud-Est) marquent ainsi le temps d'arrêt imposé à l'hydrographie.

Dans le détail des formes, le plateau des Combrailles porte l'empreinte des climats froids du quaternaire. Dépôts soliflués, niches de nivation, décomposition et écartèlement des granites par les diaclases montrent, surtout vers le Sud, que des influences paléoclimatiques ne sont certainement pas étrangères au modelé définitif de ces régions ([9]).

MÉTÉOROLOGIE. — *Les « bandes supérieures » dans la structure verticale des échos de pluie.* Note de M. **Roger Lhermitte**, présentée par M. Pierre Lejay.

L'étude systématique de la structure verticale des échos de pluie montre que le mécanisme d'apparition des bandes supérieures est dû à des causes multiples et, en faisant intervenir dans certains cas le gradient de vent pour expliquer la forme des échos, renforce l'hypothèse que la bande brillante au voisinage de l'isotherme 0°C a pour origine la fusion partielle de flocons de neige.

([5]) Confirmation pendant l'été 1952. Nos recherches à Sauterre (Puy-de-Dôme) nous ont montré que le contact entre gneiss ou granite et basalte ne comporte pas de couverture meuble, ni même de croûte. La coulée s'est effectuée sur un socle nettoyé, dépourvu de tout dépôt (témoins les gneiss intacts inclus dans la coulée de base).

([6]) *Comptes rendus*, 235, 1952, p. 1318.

([7]) H. Baulig, *Le plateau central de la France et sa bordure méditerrannénne, étude morphologique* (Thèse, Paris, 1928).

([8]) G. Baeckeroot, *Comptes rendus*, 189, 1929, p. 804; A. Cholley, et S. Mathieu *Comptes rendus*, 194, 1932.

([9]) M[me] Beaujeu-Garnier, *A propos du modelé péri-glaciaire du Limousin* (A. G. F., séance du 5 juillet 1952).

Divers auteurs ont constaté la présence, dans la structure verticale des échos de pluie, d'une part d'une bande brillante au voisinage de l'isotherme 0°C et d'autre part de bandes situées à une plus grande altitude, dites bandes supérieures. Bowen (¹) a étudié le mécanisme d'apparition de ces bandes supérieures et admis qu'elles sont causées par la congélation spontanée, dans les régions du nuage correspondant à une température d'environ —17°C, de gouttes d'un diamètre égal ou supérieur à 0,4 mm. Wexler (²) a formulé une autre hypothèse de formation qui fait appel à la croissance de « graupel » (cristaux de glace ayant capté et congelé des gouttelettes) au dépend du contenu en eau liquide du nuage.

Nous avons poursuivi, à Magny-les-Hameaux, l'étude systématique de ces échos à l'aide de deux radars fonctionnant simultanément sur la même longueur d'onde (3,2 cm). L'un (panoramique) donne leur structure horizontale, l'autre en balayant un plan vertical, révèle leur structure verticale. Le premier appareillage permet de déterminer la direction de déplacement; on peut alors choisir pour le second un plan d'analyse correspondant à la direction de rapprochement des échos et éliminer ainsi le décalage latéral possible du faisceau dans le nuage. L'enregistrement cinématographique des images est effectué à l'aide d'un dispositif analogue à celui décrit dans une Note précédente (³).

Nous avons étudié plusieurs situations où l'on remarquait la coexistence d'une bande brillante au voisinage de l'isotherme 0°C et de bandes supérieures. Il apparaît que pour les bandes supérieures observées le phénomène n'est pas aussi simple que celui décrit par Bowen et qu'il peut avoir des causes multiples. En effet, nous avons pu distinguer trois types de bandes ayant un aspect et une évolution différents et dont nous avons rassemblé quelques exemple sur la figure.

a. Bande supérieure pouvant être légèrement inclinée et tombant à la vitesse de 2 à 2,5 m/s vers la bande brillante inférieure dont elle augmente l'intensité au moment où elle la rencontre. Il s'agit vraisemblablement d'un phénomène de même nature que ceux que Bowen a étudiés.

b. Bandes parfois aussi légèrement inclinées se déplaçant sans changement d'altitude. De telles bandes peuvent coexister à des niveaux différents, au même instant : les échos présentent alors une structure feuilletée.

c et *c'*. Bandes en général fortement inclinées. Ce type d'écho peut correspondre à la formation, locale dans le plan d'analyse observé, mais continue dans le temps, de particules de glace. La forme de la traînée de précipitation

---

(¹) *Journal of Atmospheric and Terrestrial Physics*, (3), 1, 1951, p. 125-140.

(²) *Quarterly Journal of the Royal Meteorological Society*, **78**, n° 337, 1951, p. 372-376.

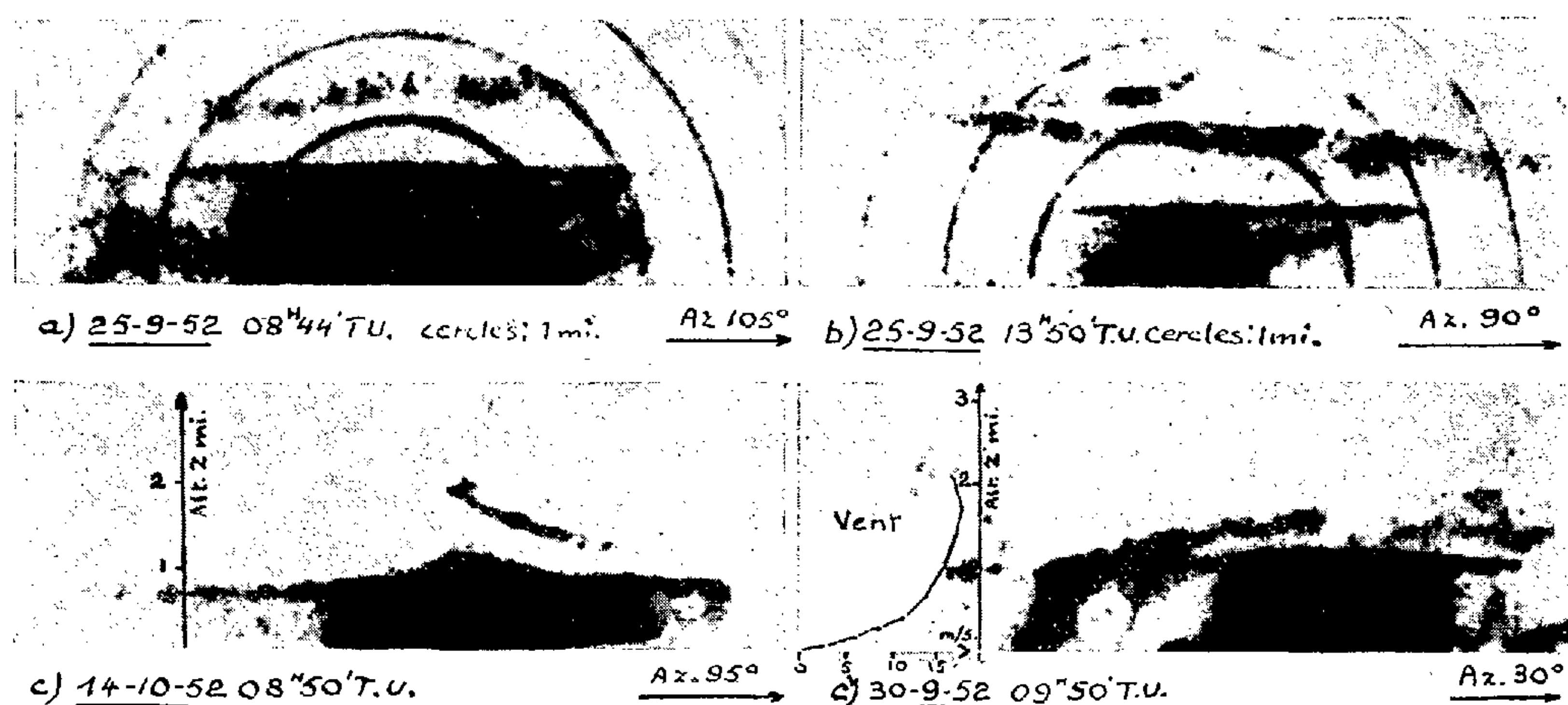
(³) *Comptes rendus*, **233**, 1951, p. 1210.

produite résulte de la vitesse de chute w de ces particules et du gradient vertical de vent.

En effet, si l'on désigne par x la distance horizontale et par z la distance verticale, l'origine étant prise au lieu de fonction, l'axe oz étant dirigé vers le bas, on a

$$x = \frac{1}{w}\int_0^z [V(z)\cos\alpha - V_0]\,dz, \tag{1}$$

V_0 étant la vitesse du vent à l'origine, et $V(z)\cos\alpha$ la vitesse du vent à la distance verticale z, projetée sur le plan d'analyse.



Exemples de types de bandes supérieures apparaissant sur l'écran d'un radar explorant le plan vertical dans l'azimut indiqué.

Dans le cas d'une dispersion des vitesses de chute w, on peut montrer que si

$$\int_0^z [V(z)\cos\alpha - V_0]\,dz < 0$$

(cas le plus général : augmentation du vent avec l'altitude), ce sont les particules qui tombent le plus vite qui sont à l'avant de la précipitation.

Ces considérations nous permettent de calculer la vitesse de chute w des particules en fonction de la forme de l'écho et du gradient de vent. En effet, on a, d'après (1) :

$$w = \frac{dz}{dx}[V(z)\cos\alpha - V_0]. \tag{1}$$

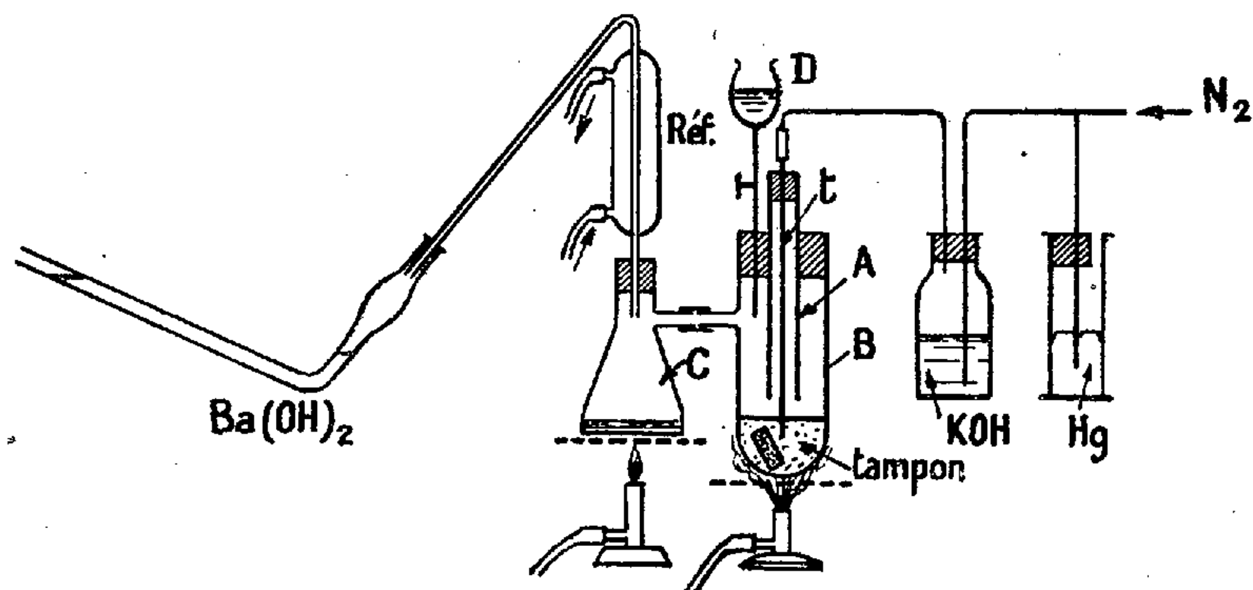
Or sur la figure c' le calcul de cette vitesse donne pour les particules situées au-dessus de la bande brillante 0,5 à 1 m/s et au-dessous 5 à 7 m/s. Ces chiffres qui correspondent bien respectivement à la vitesse de chute d'un flocon de neige et d'une goutte de pluie renforcent l'hypothèse que la bande brillante au voisinage de l'isotherme 0° C est bien causée par la fusion partielle des flocons de neige.

PHYSIOLOGIE VÉGÉTALE. — *Mesure du gaz carbonique total des tissus des fruits. Application à un cas particulier.* Note de M. **Roger Ulrich** et Mlle **Odile Thaler**, présentée par M. Raoul Combes.

Une méthode d'extraction et de dosage du gaz carbonique total des tissus des fruits est décrite et appliquée à des poires Williams. Le gaz carbonique libre des méats est très peu abondant tandis que le gaz carbonique dissous est important par rapport au gaz carbonique total. Il existe un gradient de gaz carbonique de la cellule à l'atmosphère qui entoure les fruits.

En vue de préciser nos connaissances sur les échanges gazeux des fruits, nous avons décrit, il y a quelques années, une technique d'extraction des gaz des méats, appliquée depuis à plusieurs espèces de fruits (1). Pour compléter ces données, nous avons recherché un procédé d'extraction du gaz carbonique total des tissus. Nous sommes partis du même principe que nos prédécesseurs; ceux-ci faisaient bouillir les fragments d'organes dans un liquide : solution saturée de sel (Frémy) ou alcool (Claypool; Wardlaw et Leonard) (2); nous avons par contre jugé utile de changer de liquide et d'appareillage.

Les objets à étudier sont chauffés dans une solution tampon de pH 3 (acide citrique + phosphate disodique) qui offre l'avantage de libérer le gaz carbonique combiné sous forme de bicarbonate.



L'appareil utilisé est figuré ci-dessus schématiquement. On l'utilise de la manière suivante. Les opérations commencent, avant le remplissage des récipients, par un balayage produit par un courant d'azote des parties B et C et des tubes afférents. On remplit ensuite le tube de Pettenkofer et on dispose les objets vivants dans le tube B. Quand on utilise de petits fruits, on les

(1) *Comptes rendus*, 228, 1949, p. 500.
(2) *Ann. Bot.*, N. S., 3, 1939, p. 27-42.

précipite directement en B. Lorsqu'on opère sur des poires ou des pommes, on prélève un cylindre de tissus à l'aide d'un emporte-pièce en acier inoxydable très tranchant A qui fait corps avec le bouchon du récipient B. Le cylindre de fruit est chassé dans le flacon à l'aide du tube *t* pendant qu'un courant d'azote traverse tout l'appareil, entraînant le gaz carbonique dans le tube de Pettenkofer. Au même instant, le tampon est versé de l'ampoule D dans le récipient B et porté rapidement à l'ébullition; celle-ci est maintenue un temps suffisant pour que tout le gaz carbonique soit entraîné.

Il est intéressant de comparer les quantités de gaz carbonique ainsi obtenues à celles qu'on peut extraire des méats, et à la masse de gaz carbonique que le jus de presse renferme aussitôt après son extraction, ou après saturation.

Nous avons groupé ci-dessous, à titre d'exemples, les valeurs correspondant à un lot de poires Williams vertes conservées à + 15°.

Gaz carbonique libre des méats. — Concentration : 2,3 %. Volume des méats (mesuré par pesée après infiltration de liquide) : 4,8 % du volume des tissus, soit pour 10 cm^3 de fruit, 0,48 cm^3. Masse du gaz carbonique des méats de 10 cm^3 de fruit : 0,02 mg.

Gaz carbonique dissous. — Gaz carbonique extrait de 20 cm^3 de jus de presse : 2,8 mg [3]. Gaz carbonique soluble à saturation dans 20 cm^3 de jus de presse : 31 mg. Gaz carbonique soluble à + 15° dans 20 cm^3 d'eau : 40 mg.

Teneur en eau de 10 cm^3 de fruits : 8,4 cm^3.

La solubilité dans le jus de presse étant inférieure à la solubilité dans l'eau, il semble qu'il y ait peu de gaz carbonique combiné dans le jus; d'ailleurs, la valeur du pH, inférieure à 4, donne à penser que les bicarbonates sont très peu abondants. La concentration du gaz carbonique dans une atmosphère en équilibre avec le gaz carbonique supposé dissous dans le jus serait de l'ordre de 9 %, valeur supérieure à celle observée réellement dans les méats; cette remarque conduit à l'idée d'un gradient entre la cellule et l'atmosphère intercellulaire.

Gaz carbonique total. — Pour 10 cm^3 de fruit : 3 mg.

On peut tirer de ces valeurs les rapports ci-dessous :

CO_2 total/CO_2 libre gazeux : 150;

CO_2 total/CO_2 dissous dans le jus de presse : 2,4;

CO_2 sol. à saturation/CO_2 normalement dissous dans le jus de presse : 11.

Ces chiffres montrent que, dans le cas particulier considéré ici, le gaz carbonique total des tissus est considérablement plus important que celui des méats, et même deux fois plus abondant que le gaz carbonique dissous.

---

(3) Valeur par défaut du fait de pertes possibles au cours de l'extraction.

Les diverses fractions paraissent donc se présenter de la manière suivante : *gaz carbonique libre* très peu abondant (faible volume et concentration réduite), *gaz carbonique dissous* assez abondant mais à un taux éloigné de celui qui correspondrait à la saturation, *gaz carbonique combiné* à peu près équivalent au précédent, sous une forme autre que celle de bicarbonate. Le passage du gaz carbonique des cellules à l'atmosphère ambiante serait la conséquence du gradient de concentration suivant : 9 % environ (gaz en équilibre avec le suc cellulaire), 2 % (gaz de l'atmosphère des méats), 0,03 % (gaz carbonique de l'air ambiant).

PHYSIOLOGIE VÉGÉTALE. — *Optimum végétatif et différenciation dans la tige du Blé.* Note de MM. **Jules Carles**, **Louis Soubiès** et **Roger Gadet**, présentée par M. Albert Demolon.

Le maximum ou le minimum de végétation ne s'accompagnent pas d'une teneur maximum ou minimum de protides ou de glucides, mais d'un écart entre ces teneurs dans les différentes parties de la plante.

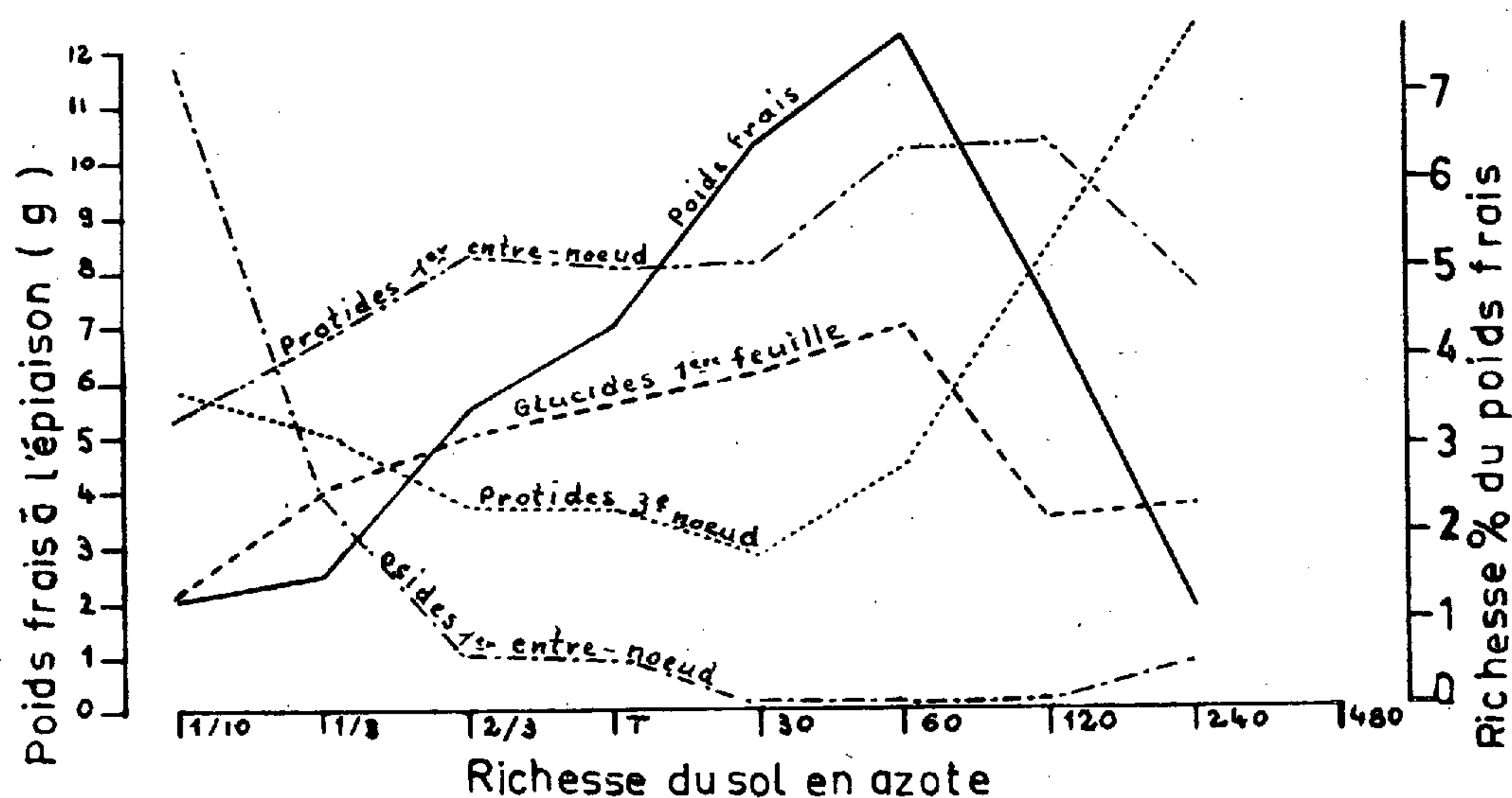
L'analyse détaillée d'un pied de Blé révèle des teneurs inattendues et paradoxales pour certaines de ses parties. La teneur protidique des nœuds surprend par son irrégularité et son indépendance marquée vis-à-vis des parties avoisinantes. Au moment où le grain est au stade laiteux, le deuxième nœud au-dessous de l'épi de la variété Docteur Mazet abondamment pourvue d'azote contient 2,25 % de protides : il est environné par le sommet de l'entre-nœud inférieur qui en contient 1,43 %, la base de l'entre-nœud supérieur 0,81 % et la base de la gaîne 3,32 %. Dans la même variété mal alimentée en azote, la teneur protidique du nœud, au lieu de baisser s'élève à 3,64 %, tandis que les tissus environnants ont baissé de moitié et contiennent respectivement 0,88, 0,74 et 1,67 % de protides.

Une telle anomalie s'intègre dans un ensemble assez surprenant de variations provoquées par l'abondance ou la disette d'azote. Nous avons cultivé du blé de printemps, Fylgia, sur des sols contenant des doses croissantes d'azote minéral. Dans une série de vases nous mélangeons d'abord avec du sable siliceux 1/10, 1/3 et 2/3 de terre (contenant au départ 32 mg d'azote minéral par kilogramme), puis cette terre seule, enrichie ensuite, par kilogramme, de 30, 60, 120, 240 et 460 mg d'azote sous forme de nitrate d'ammoniaque.

Le poids d'un pied de Blé dans ces différents vases localise l'optimum d'azote, optimum qui se déplace avec l'âge, car sur les sols pauvres le départ de la végétation se fait bien : lors du tallage, la plante vivant aux 9/10 sur le sable a un poids supérieur à celle qui a reçu 120 mg d'azote et qui, au moment de l'épiaison, dépassera toutes les plantes sans azote.

Au moment de l'épiaison, cherchons parmi les courbes de teneur en protides

ou glucides établies pour les différentes parties de la plante, celles dont l'allure est la plus typique. Certaines s'apparentent à la courbe des poids : celle des glucides du limbe de la plus haute feuille ou bien celle des protides du haut de l'entre-nœud qui supporte l'épi. Certaines présentent une allure inverse avec un minimum à l'endroit où les précédentes ont leur maximum, et vice-versa : celle des osides du plus haut entre-nœud ou celle des protides du troisième nœud. Voici ces courbes avec les chiffre des dosages ou des pesées, en commençant par les plus pauvres en azote.



	Terre diluée			Terre	Terre enrichie				
	1/10,	1/2.	2/3.	seule.	30 mg.	60 mg.	120 mg.	240 mg.	480 mg.
Poids d'un pied en g :									
au tallage	0,97	1,55	2,80	3,47	5,27	4,97	0,90	0,45	0,09
à l'épiaison	2,02	2,42	5,50	7,00	10,35	12,10	7,13	1,92	–
Teneur en % du poids frais :									
Glucides 1re feuille..	1,30	2,50	3,10	–	3,80	4,34	2,20	2,34	–
Osides 1er entre-nœud	7,35	2,50	0,87	0,60	0,11	traces	0,05	0,47	–
Protides 3e nœud...	3,70	3,12	2,27	2,21	1,82	2,70	–	8,70	–
» 1er entre-nœud	3,34	4,16	5,15	5,05	5,05	6,35	6,45	4,80	–

La teneur de l'organisme végétal en glucides ou protides ne dépend pas des conditions extérieures, mais de la vie même de la plante qui différencie plus ou moins ses parties. L'opposition des courbes nous fait deviner cette complexité et le rôle divers que certaines des parties de la plante sont susceptibles de jouer dans l'ensemble. Les deux extrémités de ces courbes ne se

retrouvent pas dans l'agriculture, mais elles nous permettront peut-être de diagnostiquer la « bonne santé ».

Considérons des plantes de plein champ : nous y retrouvons les mêmes écarts. Soit la variété Docteur Mazet analysée en détail à la fin de la floraison, F; au state laiteux du grain, L; et au stade pâteux du grain, P. En face du témoin sans engrais sont analysées des plantes poussant dans des parcelles enrichies de 75 et 200 kg d'azote à l'hectare.

	Limbe de 1re feuille				Troisième nœud		Entre-nœuds		
	Oses		Protides		Protides		Osides		
	F.	L.	F.	L.	L.	P.	F.	L.	P.
Témoin	0,80	0,97	7,30	4,16	3,84	2,34	13,0	12,2	0,33
75 kg/ha ...	1,15	1,26	9,75	5,83	3,34	1,78	1,9	9,6	0,18
200 kg/ha ...	–	1,31	–	7,16	2,22	1,23	–	3,3	0,17

Les premières colonnes voient augmenter avec l'abondance d'azote leur richesse en protides et en glucides, tandis qu'elle baisse dans les dernières. La comparaison entre les colonnes 4 et 5, ou entre 2 et 8 illustrent bien cette divergence et cette différenciation.

EMBRYOGÉNIE VÉGÉTALE. — *Embryogénie des Liliacées. Développement de l'embryon chez le* Gasteria verrucosa *Duval.* Note de M. **Pierre Crété**, présentée par M. René Souèges.

Toutes les Liliacées dont les lois de l'embryogénie nous sont actuellement connues sont caractérisées par une tétrade en T. Le *Gasteria verrucosa* présente au contraire une tétrade linéaire filamenteuse de la catégorie C_2 et constitue un type embryonomique nouveau, représentatif du mégarchétype I dans le troisième groupe de la classification périodique.

Toutes les Monocotylédones étudiées selon les méthodes modernes de l'embryogénie se rapportent, dans l'état actuel de nos connaissances, aux séries A ou A' de la classification périodique : les deux cellules supérieures des tétrades, premières pour la série A, secondes pour la série A', sont séparées par une cloison verticale coïncidant avec l'axe embryonnaire. Des tétrades filamenteuses ont été parfois dessinées ou décrites, notamment chez les Liliacées (1), mais il s'agit d'observations trop incomplètes pour qu'il soit possible d'en tirer utilement parti. Chez le *G. verrucosa*, qui fait l'objet de la présente étude, il existe normalement une tétrade linéaire filamenteuse, formée de quatre cellules superposées, issues de la division transversale des deux éléments *ca* et *cb* du proembryon bicellu-

(1) P. Guérin, *Ann. Sc. nat., Bot.*, 10e série, **19**, 1937, p. 255-265.

laire, tétrade appartenant ainsi à la variante C_2 ([2]). Chez une espèce indéterminée du même genre *Gasteria*, K. Schnarf et R. Wunderlich ([3]) ont figuré une tétrade régulière en T; une seule fois, j'ai observé un cas semblable chez le *G. verrucosa*, où la forme normale est incontestablement la tétrade linéaire (*fig.* 6 à 9).

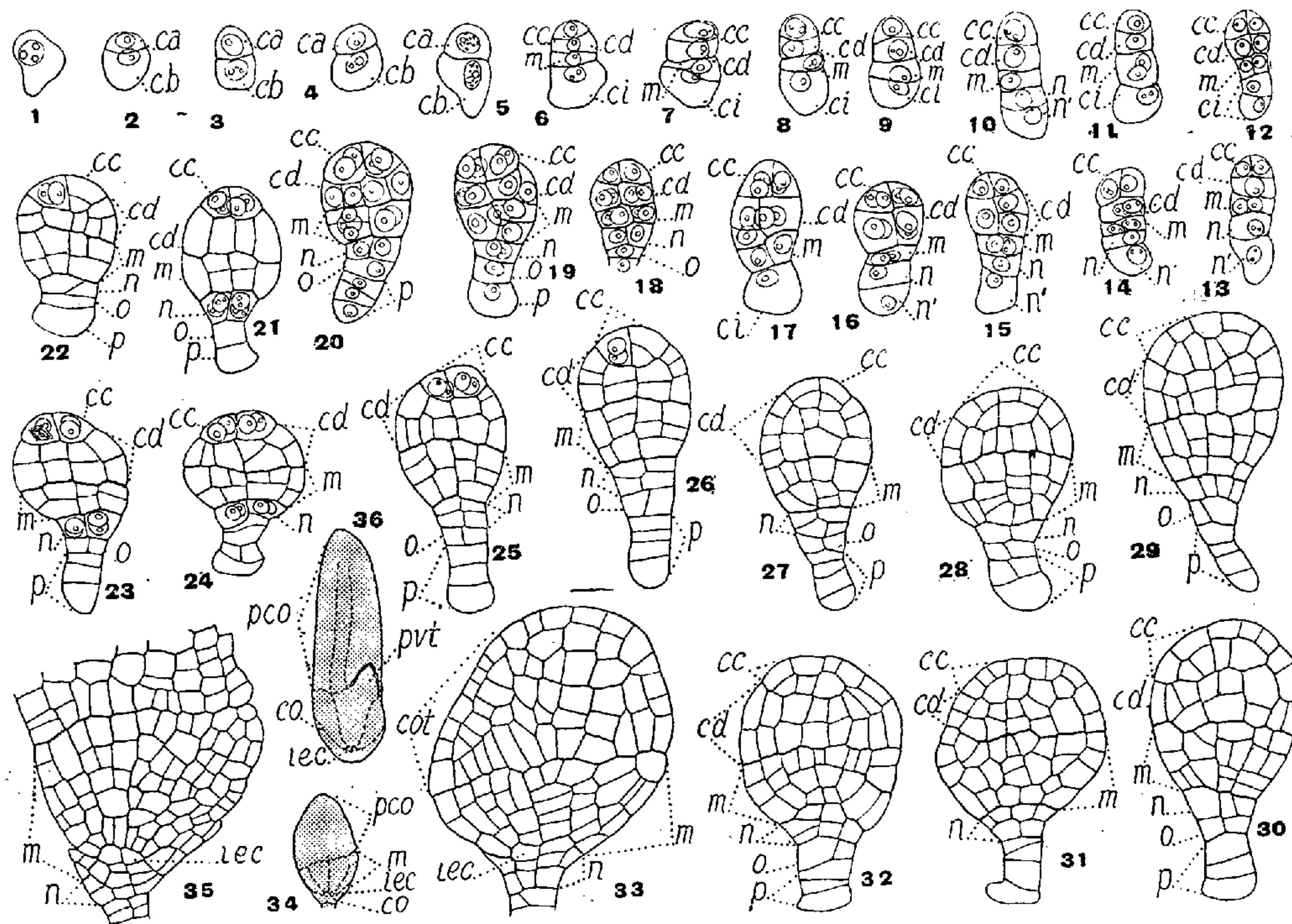


Fig 1 à 36. — *Gasteria verrucosa* Duval. — Les principaux termes du développement de l'embryon. *ca* et *cb*, cellules apicale et basale du proembryon bicellulaire; *cc*, cellule-fille supérieure et *cd*, cellule-fille inférieure de *ca* ou étages leur correspondant; *m*, cellule-fille supérieure de *cb*, ou partie hypocotylée; *ci*, cellule-fille inférieure de *cb*; *n*, cellule-fille supérieure de *cb* ou hypophyse; *n'*, cellule-fille inférieure de *cb*; *o* et *p*, cellules-filles de *n'*; *pvt*, point végétatif de la tige; *iec*, initiales de l'écorce de la racine; *co*, coiffe; *pco*, partie cotylée. G. = 280; 80 pour la fig. 34; 28 pour la fig. 36.

Les blastomères possèdent une puissance égale de division jusqu'au stade hexadécacellulaire (*fig.* 19). La cellule apicale est successivement à l'origine de deux éléments superposés, puis de deux dyades supérieure et inférieure représentant des quadrants (*fig.* 12 et 14), qui, en se divisant longitudinalement, donnent naissance à deux étages de quatre octants (*fig.* 16 à 19). L'ensemble des octants sert uniquement à l'édification de la partie cotylée, si bien que la cellule apicale possède en définitive les mêmes destinées que chez les autres Liliacées (*Muscari*, *Allium*, *Anthe-*

([2]) R. Souèges, *Comptes rendus*, **224**, 1947, p. 978.
([3]) *Flora*, **133**, 1938, p. 297-327.

ricum, Scilla). La partie hypocotylée et le point végétatif de la tige prennent naissance à partir de l'étage subterminal, *m*, provenant de la cellule intermédiaire de la tétrade. Assez rapidement, il se produit une dépression latérale de la surface embryonnaire à la jonction des cellules issues des étages *m* et *ca* (*fig.* 33 et 35), puis il se différencie, à partir de l'axe hypocotylé, un cône végétatif volumineux, qui sera plus tard entouré par la gaine provenant de l'élargissement, à la base, de la feuille cotylédonaire (*fig.* 36).

Le *G. verrucosa* présente une hypophyse véritable, puisque c'est la cellule proembryonnaire *n* qui engendre à la fois les initiales de l'écorce de la racine et la portion médiane de la coiffe. Ce blastomère fournit d'abord deux, puis quatre éléments (*fig.* 18 à 21), qui se cloisonnent verticalement (*fig.* 29), parfois après s'être divisés tout d'abord transversalement (*fig.* 25 à 27).

Au contact de l'étage *m*, les cellules circumaxiales isolent, à l'aide d'une paroi horizontale, les quatre initiales de l'écorce au sommet radiculaire (*fig.* 32 à 35). La coiffe se constitue, dans sa partie médiane, à partir des éléments sous-jacents aux initiales précédentes; en son point le plus éloigné du sommet, elle se détache du périblème dont l'assise externe devient ainsi l'assise pilifère. L'étage *o* intervient dans la construction du sommet de la coiffe, mais contribue surtout, avec les cellules issues de l'étage *p*, à édifier un suspenseur toujours bien représenté (*fig.* 30 à 32), parfois même volumineux (*fig.* 26 et 28).

Le *G. verrucosa* appartient au 3e groupe embryogénique de la classification périodique, soit à la variante $\mathbf{a}_1$ de la sous-série **a** dans la série C. Il y représente un type embryonomique nouveau, correspondant au mégarchétype I ([4]) et ([5]).

On voit quel précieux instrument de travail constitue le système périodique, qui nous permet de bien préciser les caractères embryogéniques de ce nouveau type de développement, de faire ressortir l'importance des différences vraiment essentielles qui le définissent et, en même temps, de bien déterminer les rapports qu'il offre avec les types du même mégarchétype et du même groupe embryogénique.

([4]) R. Souèges, *Embryogénie et classification*, 2e fasc., Partie générale, Essai d'un système embryogénique, Paris, 1939.

([5]) R. Souèges, *Embryogénie et classification*, 3e fasc., Partie spéciale, p. 62, Paris, 1948.

BIOMÉTRIE VÉGÉTALE. — *Évolution des distributions de fréquences des tailles des plantules d'une population de Blé.* Note de M. **Jacques Ricard**, transmise par M. Louis Emberger.

La distribution de fréquences des tailles des plantules d'une population de Blé résulte de la superposition d'une infinité de courbes primitivement normales.

La population peut cependant être considérée comme approximativement gaussienne, lorsque l'intervalle de temps séparant la première de la dernière germination est très bref.

A la suite de recherches d'ordre biométrique portant sur certains phénomènes d'intoxication, nous avons pu observer et étudier, au cours de la croissance résiduelle (1) des plantules d'une population de Blé (cultivée en étuve sur papier filtre humide), l'évolution présentée par des distributions de fréquences des tailles de ces plantules (2).

Si t représente les temps (comptés à partir de leur moyenne) de la germination des graines de la population, et x les tailles (comptées à partir de leur moyenne) des plantules portées par les graines ayant germé aux temps t, la distribution de la fréquence des couples (t, x), dans le cas de certaines populations à effectif élevé, pourra être assimilée à l'équation d'une « surface normale (3) ». Des variables t et x étant indépendantes, la fréquence élémentaire des couples (t, x) sera définie par la relation de Gauss :

$$dF = \frac{N}{2\pi\sigma_t\sigma_x} e^{-\frac{1}{2}\left(\frac{t^2}{\sigma_t^2}+\frac{x^2}{\sigma_x^2}\right)} dt\, dx.$$

Deux sous-populations peuvent, à chaque instant, être distinguées dans la population : la sous-population A comprenant les graines vivantes mais non germées, la sous-population B comprenant toutes les graines germées à l'instant considéré.

Dans le cas, précédemment envisagé, d'une population dont la distribution de fréquences des temps de germination est gaussienne (4), la fréquence rela-

---

(1) La croissance résiduelle des plantules est celle qui s'effectue uniquement aux dépens des matières de réserve accumulées dans la graine.

(2) Cette étude ne porte que sur la croissance du coléoptile et de la gemmule, mais les conclusions qui en sont tirées semblent pouvoir être étendues à l'ensemble de la plantule.

(3) Dans le cas particulier où les variables t et x sont indépendantes, la « surface normale » est la surface d'équation

$$u(t, x) = \frac{N}{2\pi\sigma_t\sigma_x} e^{-\frac{1}{2}\left(\frac{t^2}{\sigma_t^2}+\frac{x^2}{\sigma_x^2}\right)}$$

dans laquelle σ_t représente l'écart-type de la distribution de fréquences des t, σ_x l'écart-type de la distribution de fréquences des x et N l'effectif de la population.

(4) Une population est dite « gaussienne », lorsque sa courbe de fréquences est une « courbe normale » ou « courbe de Gauss ».

tive de la sous-population A au temps T_0 sera égale à la probabilité que l'on a, de tirer au hasard, dans la population, une graine qui n'ait pas encore germé au temps T_0.

Les distributions des fréquences des tailles des plantules de la sous-population B peuvent donc être considérées, théoriquement, comme résultant de la superposition d'une infinité de courbes qui, au moment de la germination, sont normales.

De telles distributions de fréquences (même si la loi de distribution des temps de germination n'est pas gaussienne), présentent :

1° Un maximum de fréquences (S_1) des plantules dont la taille est réduite, qui décroît parallèlement à la fréquence des germinations.

2° Un deuxième maximum de fréquences (S_2) des plantules dont la taille est élevée, dû à une diminution de la vitesse de croissance résiduelle.

Si l'intervalle de temps séparant la première de la dernière germination est suffisamment étendu, les maxima S_1 et S_2 peuvent coexister (*fig.* 1).

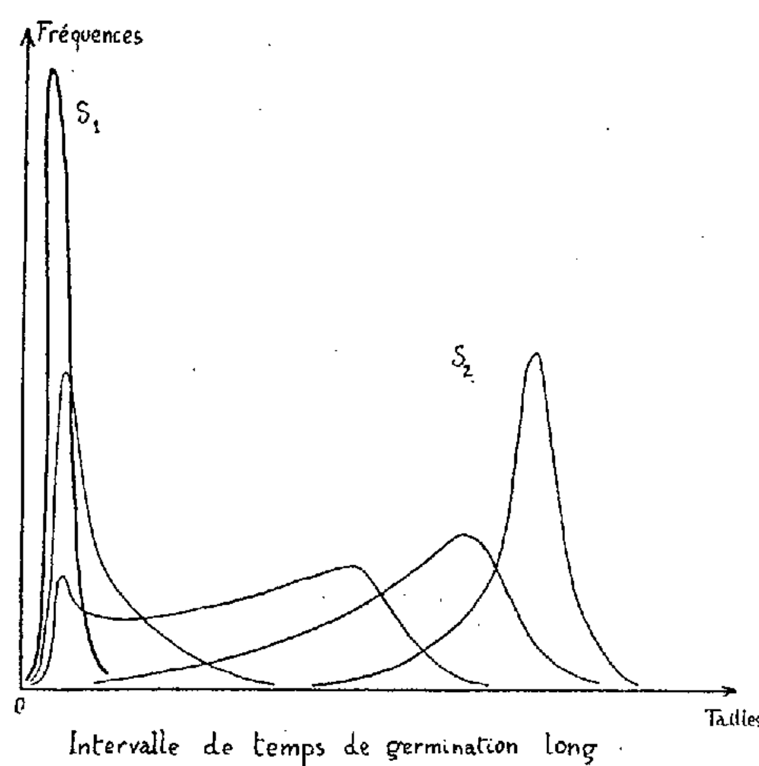


Fig. 1.

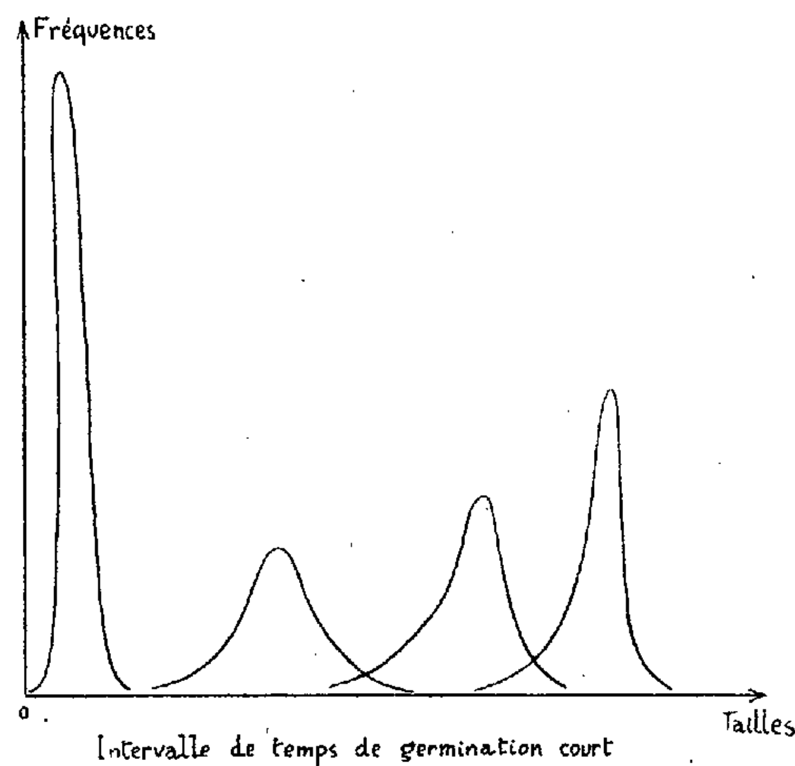


Fig. 2.

Schéma de l'évolution théorique des distributions de fréquences d'une population de Blé.

La « loi normale » ne pourra donc s'appliquer, avec une approximation d'ailleurs médiocre, à la distribution de fréquences, qu'après un temps assez long et après la disparition totale de la sous-population A.

Si l'intervalle de temps séparant la première de la dernière germination est très peu étendu, la distribution de fréquences, testée au moyen de la méthode des « probits » (Gaddum et Hemmingsen 1933, Bliss 1935) peut être assimilée à une loi normale, bien qu'elle ne le soit pas en toute rigueur (*fig.* 2).

La population n'est d'ailleurs gaussienne qu'assez peu de temps après la germination, la normalité de la distribution devenant de moins en moins marquée au fur et à mesure que le temps s'écoule.

GÉNÉTIQUE. — *Sur la méiose de quelques* Iris Pogocyclus. IV. *Hybrides entre* Pogocyclus $2n (2n=22)$ *ou* $4n (n=22)$ *et* Pogoniris grands $4n (n=24)$. Note de M. **Marc Simonet**, présentée par M. Louis Blaringhem.

Parmi les *Pogocyclus* diploïdes ($2n=22$) trois d'entre eux sont anormalement à $2n=46$-47; ils doivent provenir du recroisement d'une F_1 par un *Pogoniris grands* $4n (n=24)$ tandis qu'un doublement chromosomique d'origine ♀ avait lieu ($2n=22 \times n=24 : 2n=46$). La méiose de ces hybrides montre la conjugaison des chromosomes *Pogoniris* à l'état triploïde ($12\times3=2n=36$).

Nous avons montré (1) que les Iris hybrides *Pogocyclus* diploïdes ($2n=22$) issus du croisement des *Oncocyclus* ($n=10$) et des *Pogoniris grands* diploïdes ($n=12$) ont un comportement méiotique en partie asyndétique; le pollen de ces hybrides est non fonctionnel. On connaît aussi des hybrides entre *Oncocyclus* et *Pogoniris grands* tétraploïdes ($n=24$). Parmi ceux-ci, citons : *Ibmac* (*iberica* × *macrantha*) de V. Tubergen (1906), *Ric-Ib.* (*Ricardi Leverrier* × *iberica*) de Denis (1923) et une demi-douzaine de variétés obtenues par White (1933) à partir de *macrantha purissima* × *susiana*. Seuls les deux premiers ont fait l'objet de recherches cytologiques; nous avons signalé qu'ils étaient aberrants (2); au lieu d'être à $2n=34$ ($n=10+n=24$), *Ibmac* est à $2n=44$, c'est un *Pogocyclus* tétraploïde, amphidiploïde, dont les gamètes sont normaux ($n=22$) et le pollen fertile. Par contre, *Ric-Ib* est à $2n=46$ avec une réduction chromatique irrégulière; *Ibmac* comme *Ric-Ib* résultent d'un doublement chromosomique ♀ : *Oncocyclus* ($n=10\times2+n=24 : 2n=44$) ou *Pogoniris* ($2n=36+n=10 : 2n=46$). Signalons aussi qu'un très beau *Pogocyclus* diploïde, *William Mohr* (Mohr, 1922), s'est parfois montré fertile, mais seulement du côté ♀. Aussi, c'est en le recroisant par les *Pogoniris grands* $4n$ que simultanément White, en Californie, et Aylett, en Australie, obtinrent en 1934 les premiers descendants qui, d'après Randolph (3), sont à $2n=46$. En 1940, Reinelt en unissant *William Mohr* à *Ibmac* réussissait une nouvelle combinaison qui donna naissance à *Capitola* à $2n=43$ (Randolph, *loc. cit.*), un nouveau *Pogocyclus* $4n$ (hypotétraploïde). Ces divers hybrides correspondent à l'union d'un ovule diploïde de *William Mohr* avec un gamète ♂ normal ($2n=22+n=24 : 2n=46$). En poursuivant l'étude des *Pogocyclus* de notre collection, nous avons trouvé que les *I. Nazirin*, *Shirin* (*iberica* × *pallida*), *Shushan* (hybride inverse du précédent), *Ibvar* (*iberica* × *variegata*), *Parvar* (*paradoxa* × *variegata*),

(1) *Comptes rendus*, 231, 1950, p. 1544.
(2) *Bull. Biol. France-Belgique*, 69, 1935, p. 178 et *Comptes rendus*, 204, 1937, p. 894.
(3) *Ann. Iris. Soc.*, n° 107, 1947, p. 68.

Parsamb (*paradoxa* × *sambucina*), *Dorak* (*iberica* × *cengialti*) de Foster, *Dott. Attilio Ragionieri* (*Peau rouge* × *susiana*) de la Comtesse Senni (1937), sont normalement diploïdes à $2n = 22$, alors que les *I. Ismali* (*iberica* × *pallida*), *Lady Lilford* (*paradoxa* × *pallida*) de Foster sont à $2n = 46$; *Congrès*, un recroisement d'*Ibvar* de Cayeux (1924), est lui à $2n = 47$. Il est vraisemblable qu'*Ismali* et *Lady Lilford* sont en réalité des F_2 d'*Ibpall* et de *Parpall* dont l'hybride F_1, tout comme pour *Congrès*, a été fécondé par un gamète ♂ d'un *Pogoniris grands* $4n$, tandis que les ovules gardaient une constitution diploïde $(2n = 22 + n = 24 : 2n = 46)$.

D'après ces divers examens chromosoniques les *Pogocyclus* $2n$ ne semblent fertiles que lorsqu'un doublement chromosomique ♀ a lieu, les ovules étant anormalement diploïdes $(2n = 22)$. L'incertitude d'un tel processus, parce qu'assez rare, peut être aisément levée en utilisant directement comme géniteurs les *Pogocyclus* $4n$ dont les gamètes ont précisément cette formule diploïde $(n = 22)$. Ainsi, en combinant les *Pogoniris grands* $4n$ à *Ibmac* $(n = 22)$, nous avons réussi à obtenir *Antipolis* et *Marjoris* (4) à $2n = 46$; de même, les semeurs californiens ont utilisé avec succès *Capitola* $(n = 43/2)$ et Randolph (*loc. cit.*), en étudiant l'un de ces derniers hybrides, a noté $2n = 45$ pour *Lady Mohr* (Salbach, 1943). Nous même avons trouvé $2n = 45$ en examinant la constitution chromosonique de *Blue Elegance*, de *Morning Blue*, créés par Jory (1947) et *Peg Dabagh* de Craig (1948); tous les trois sont issus de *macrantha purissima* × *Capitola* (5).

Des examens méiotiques ont été effectués chez les *I. Ismali* et *Congrès* où la réduction chromatique présente des irrégularités; il y existe notamment des univalents (8-19), des bivalents (4-14) et des multivalents; en particulier des trivalents (1-6). On trouve respectivement, en moyenne, par cellule : 14,8 et 14,3 univalents; 8,5 et 9,4 bivalents; 3,7 et 3,9 trivalents; 0,4 tétravalents; 0,2 et 0,08 pentavalents; 0,06 et 0,03 hexavalents; c'est-à-dire 31,0 et 32,6 éléments conjugués pour 12,8 et 14,5 configurations chromosomiques; leur pollen, comme celui de *Lady Lilford*, renferme 40-50 % de grains bien conformés. Un même comportement a été également observé chez un autre *Pogocyclus*, recroisement d'*Ibmac*, obtenu par Denis : Mme *Savouillan* (*Ibmac* × *kashmiriana* var. *Bartoni*) à $2n = 46$. Nous avons trouvé, en moyenne, par cellule : 15,3 univalents; 10,2 bivalents; 3,2 trivalents; 0,1 tétravalents; 0,06 pentavalents, soit 13,5 configurations pour 30,7 éléments conjugués.

Les résultats de ces analyses méiotiques sont à rapprocher de ceux que nous avons déjà trouvés chez les *I. Ric-Ib* (1937, *loc. cit.*), *Antipolis* et

(4) *Comptes rendus*, **232**, 1951, p. 1581.

(5) Ces hybrides nous ont été envoyés par M. le Professeur Jory.

Marjoris (1951, *loc. cit.*). Tous ces *Pogocyclus* à $2n = 46$ ont, en effet, une garniture *Pogoniris* triploïde et un stock haploïde *Oncocyclus* ($n = 12 \times 3 = 36 + n = 10 : 2n = 46$). Or le mode de conjonction observé correspond, d'une part à une conjugaison des 36 éléments *Pogoniris* comparable à celle des *Pogoniris grands* triploïdes ([6]), d'autre part à une asyndèse assez fortement accusée des 10 chromosomes *Oncocyclus*. Il est vraisemblable que les descendants à $2n = 46$ de *William Mohr* et à $2n = 45$ de *Capitola*, issus de *Pogoniris* à $4n$, auront une réduction chromatique voisine du schéma méiotique qui vient d'être décrit.

CÉCIDOLOGIE. — *Édification de galles multiples par une même fondatrice et peuplement des galles d'*Eriophyes macrorhynchus *Nal. sur* Acer Pseudoplatanus *L.* Note de M. **Jean Meyer**, présentée par M. Louis Blaringhem.

La fondatrice printanière et mobile d'*Eriophyes macrorhynchus* est l'auteur de galles multiples. Sous l'action de visites cécidogènes répétées, les galles atteignent leur taille adulte antérieurement à l'important peuplement estival.

De nombreux auteurs ont été frappés de l'absence de cécidozoaire dans les jeunes ébauches destinées à se développer en gîtes d'Acariens. Ce fait est si répandu dans la nature qu'il a donné naissance à la théorie des « acarodomaties » de l'école de Lundström ([1]) selon laquelle, dans un nombre énorme de cas, l'origine des gîtes serait due à une induction uniquement végétale et spécifique. Cette théorie ne peut cependant s'appliquer là où, de toute évidence, ces ébauches n'apparaissent qu'accidentellement, en des points variables du végétal, comme c'est le cas des ébauches vides, destinées à héberger *Eriophyes macrorhynchus* Nal. sur les feuilles d'Érable. C'est à Frank ([2]) que l'on doit les premières études de ces ébauches sur *Acer campestre* L. En avril-mai, Frank, malgré les observations qu'il affirme minutieuses, ne décèle aucun acarien dans les jeunes stades. Selon lui, les ébauches pourraient être déclenchées par des acariens assez rares et mobiles pour échapper aux investigations. L'abandon des ébauches ne serait que provisoire. Nalepa ([3]) conteste la valeur technique de ses observations et critique sa théorie. Mes études effectuées sur *Acer Pseudoplatanus* L. sont de nature à apporter quelques éclaircissements sur le problème.

([6]) *Comptes rendus*, **232**, 1951, p. 650.

([1]) *Pflanzen biologische Studien*, II. *Die Anpassungen der Pflanzen an Tiere*, Upsala, 1887.

([2]) *Die tierparasitären Krankheiten der Pflanzen*, Breslau, 1896, p. 41-42.

([3]) *Marcellia*, **24**, 1927, p. 87-98.

1. *Pouvoir multigalligène des fondatrices.* — Certaines jeunes feuilles d'*Acer Pseudoplatanus* L. présentent, de fin avril au début de mai, de nombreuses et minuscules pustules colorées par de l'anthocyane et correspondant à de légères cuvettes de la face inférieure. Ces cuvettes sont presque toutes vides. Une observation poussée, à la loupe binoculaire, permet cependant de repérer quelques très rares acariens terrés dans les cuvettes ou se promenant sur le limbe. Mais la proportion en est infime. Au total, après des observations répétées en 1950 et 1952, la proportion des acariens détectés était de 8 pour environ 160 cuvettes observées sur quatre feuilles différentes. Le développement ultérieur de ces cuvettes nous apprend qu'il s'agit cependant de jeunes stades des galles typiques d'*Eriophyes macrorhynchus* Nal. L'observation des déplacements des acariens sur des feuilles conservées en boîte de Pétri (le pétiole plongeant dans l'eau) permet de vérifier qu'un même acarien visite plusieurs cuvettes.

Concentrant mes observations sur un secteur de 9 cuvettes bien définies, j'ai pu constater, au cours de 15 observations s'échelonnant du 26 avril au 10 mai, que 8 cavités avaient été visitées avec certitude. J'ai encore remarqué que la cavité le plus souvent visitée au cours de mes observations était en avance sur les autres au point de vue différenciation (apparition plus précoce des poils tecteurs ostiolaires).

L'une des objections de Nalepa à l'hypothèse de Frank était l'impossibilité, pour lui, de concevoir qu'un nombre d'acariens, infime au point d'échapper à l'observation, puisse réaliser le développement complet, jusqu'à la taille adulte, d'une multitude de galles, comme celles qui se présentent sur la feuille d'Érable. Mes observations vérifient cependant l'hypothèse de Frank : le fait que, d'une part, dans un secteur donné, la visite de presque toutes les galles a été observée et que, d'autre part, ces visites, échelonnées sur une assez longue période, étaient répétées, permettent de comprendre comment les ébauches, sous une action cécidogène entretenue à des intervalles plus ou moins réguliers, pouvaient toutes finalement atteindre la taille adulte.

Il est intéressant de rapprocher ces résultats des observations faites sur les énormes déformations que constituent les « Wirrzöpfe » sur les Saules. A la suite de plusieurs auteurs, dont en dernière date Maresquelle ([4]), j'ai pu me persuader par moi-même de l'extrême rareté des acariens dans ces déformations. Nalepa ([5]) qui, normalement, admet qu'il doit y avoir autant d'acariens cécidogènes que d'ébauches, reconnaît cependant que, selon toute probabilité, les « Wirrzöpfe » seraient dus à l'action cécidogène d'acariens bien déterminés par lui, mais qui seraient

---

([4]) *Bull. Ass. Philomathique d'Alsace et de Lorraine*, **8**, 1935-1936, p. 213-217.

([5]) *Marcellia*, **21**, 1924, p. 31-58.

en si petit nombre dans les jeunes stades qu'ils pourraient échapper aux chercheurs. Mes observations sur la capacité multigalligène extraordinaire d'*Eriophyes macrorhynchus* appuieraient cette hypothèse en ce sens, qu'elles montrent que quelques rares acariens très mobiles sont effectivement capables d'action cécidogène de grande envergure. D'autre part, ces observations sont de nature à remettre en question l'hypothèse de la préformation d'origine végétale de nombreux cas douteux d'acarodomaties, dont l'étude serait à reprendre à la lumière des faits précités.

2. *Ponte des fondatrices et peuplement des galles.* — En 1950, les premières pontes ont été constatées le 5 mai. Mais ces pontes ne sont encore que peu importantes : sur 8 galles, choisies parmi les plus grosses, il n'y avait que trois œufs répartis dans 2 galles. Vers le 10 mai, de nombreuses cavités sont fermées par des poils. En fin mai, la taille adulte des galles est atteinte, encore à peu près dépeuplées; je finis par trouver la période de peuplement intense en fin juillet. A cette date, presque toutes les galles sont littéralement bourrées d'acariens attachés à la paroi intérieure, plus de 25 parasites dans une galle. Si l'on ouvre des galles en octobre, elles présentent déjà un léger feutrage mycélien entremêlé de mues d'acariens. Il n'y a plus que la moitié des galles qui soit habitée par de rares acariens (1 à 3 par cavité), ce qui nous permet d'admettre qu'est déjà commencée la période de migration vers des lieux d'hivernation que je n'ai pu déterminer.

HISTOPHYSIOLOGIE. — *Sur l'emplacement et les connexions des cellules neuro-sécrétrices dans les ganglions cérébroïdes de quelques Chilopodes.* Note de M. **Manfred Gabe**, présentée par M. Louis Fage.

Une « voie neuro-sécrétrice » relie, chez les Chilopodes, des cellules riches en inclusions acidophiles, situées dans les lobes frontaux, à la « glande cérébrale »; comme la glande du sinus des Crustacés et les *corpora cardiaca* des Insectes Ptérygotes, cette glande contient, en outre, un deuxième produit de sécrétion, formé sur place.

L'existence de cellules neurosécrétrices dans les ganglions cérébroïdes des Insectes et des Crustacés Malacostracés est bien établie à l'heure actuelle; les travaux récents mettent en lumière les connexions de ces cellules avec des formations endocrines céphaliques. Par contre, les données relatives aux Myriapodes ne sont représentées que par une notion négative, à savoir l'absence de cellules neurosécrétrices chez deux Iulides non déterminés, récoltés en Afrique [1]. Or, l'examen des centres nerveux de *Lithobius forficatus* L. au moyen des techniques topographiques m'a

(1) E. et B. Scharrer, *Biol. Rev.*, 14, 1937, p. 185.

montré la présence de cellules ganglionnaires fortement acidophiles; il y avait donc lieu de rechercher des cellules neurosécrétrices chez d'autres Chilopodes, de préciser leurs particularités histologiques et d'étudier leurs connexions.

L'étude de six espèces indigènes (*Scolopendra cingulata* Latr., *Cryptops anomalans* Newp., *C. hortensis* Leach, *Lithobius forficatus* L., *L. calcaratus* Koch, *Geophilus linearis* Koch) m'a permis de déceler un groupe pair et symétrique de grandes cellules ganglionnaires situées au voisinage immédiat des globuli, dans l'écorce dorsale des lobes frontaux. Le diamètre moyen de ces cellules atteint 20 μ et les caractères nucléaires ne permettent pas de les distinguer des autres neurones plasmatiques; les particularités morphologiques du cytoplasme permettent, au contraire, l'identification immédiate de ces éléments. En effet, les cellules en question sont pauvres en ribonucléines pyroninophiles et la majeure partie du cytoplasme est occupée par des grains régulièrement arrondis, dotés d'une affinité marquée pour tous les colorants acides. L'éosine, la fuchsine acide, anilinée ou non, colorent ce produit de sécrétion en rouge; l'hématoxyline au fer lui confère une teinte noire, l'azocarmin le colore en rouge; il apparaît en bleu foncé sur les préparations colorées par l'hématoxyline chromique-phloxine de Gomori et la réaction de Hotchkiss-Mc Manus prouve la présence d'un glucide différent du glycogène.

L'abondance du produit de sécrétion est variable suivant les cellules. Dans certains cas, le cytoplasme est rempli de grains assez petits et uniformément répartis; d'autres fois, on ne trouve que quelques masses plus volumineuses; d'autres cellules, enfin, apparaissent vidées de leur produit de sécrétion.

Ce produit quitte les cellules sous une forme figurée et chemine le long des axones, dont l'affinité pour tous les colorants acides est telle que l'on peut les suivre sans aucune difficulté sur coupes colorées par les méthodes dites générales. Les axones se dirigent dans le sens aboral, ventral et latéral; ils quittent le *protocerebron* et forment le nerf décrit sous le nom de « nerf de Tömösvary » par Saint-Rémy (2), par Haller (3), sous celui de « nerf de l'organe frontal » par Holmgren (4).

Le nerf en question, dont le trajet intraganglionnaire a été, en partie, suivi par Holmgren au moyen de la technique au bleu de méthylène et dont le trajet a été sommairement décrit par Fahländer (5), se rend à une

(2) *Thèse Doct. Sciences*, Paris, 1890.

(3) *Arch. mikr. Anat.*, 65, 1905, p. 181.

(4) *K. Vet.-Akad. Handl.*, 56, 1916, p. 1.

(5) *Zool. Bidr. Uppsala*, **17**, 1938, p. 1.

formation découverte chez *Lithobius* par Holmgren ([4]) et considérée par cet auteur comme un organe sensoriel (*organe frontal*). Fahländer ([5]), qui décrit succinctement l'emplacement de cet organe chez des représentants des quatre ordres de Chilopodes, estime que ses cellules sont « parfois assez fortement éosinophiles et ressemblent en gros plus à des cellules glandulaires qu'à des cellules nerveuses »; le nom de « glande cérébrale » lui paraît plus conforme à la structure de cette formation que celui d' « organe frontal » et il soulève l'hypothèse de sa nature endocrine, en le rapprochant des *corpora allata* des Insectes et de l'organe X des Crustacés. Hanström ([6]) envisage, avec réserve et en se fondant sur la description de Fahländer, l'homologie éventuelle de cette « glande cérébrale » et de l'organe X des Crustacés.

L'étude histologique montre que cet organe possède tous les caractères morphologiques d'une glande endocrine. Dépourvu de canal excréteur et appendu au nerf mentionné ci-dessus, qui se termine entre les cellules, il affecte la forme d'une grappe chez *Scolopendra*, celle d'une vésicule chez toutes les autres espèces énumérées. Les cellules sont pourvues de noyaux assez clairs et comportent, à certains stades de leur cycle sécrétoire, un ergastoplasme bien développé. Les colorations trichromes mettent en évidence deux produits de sécrétion, dont l'un, colorable par l'éosine, la fuchsine acide, l'orange G de l'Azan, prend naissance dans les cellules de la glande cérébrale. A côté de ce produit, que la méthode de Gomori permet de colorer en rouge, on trouve des grains ou des traînées cyanophiles, disposées le long des terminaisons du nerf; par la méthode de Gomori on les colore en bleu, tout comme les granulations intracytoplasmiques des cellules neurosécrétrices.

Les données histologiques confirment donc l'hypothèse de la nature glandulaire de cet organe, avancée par Fahländer, mais elles ne sont pas en faveur du rapprochement avec les *corpora allata* et l'organe X, proposé par cet auteur. Il doit paraître plus légitime de rapprocher cette glande des *corpora cardiaca* et de la glande du sinus. En effet, elle est innervée, tout comme ces deux formations endocrines, par des cellules neurosécrétrices, situées dans le *protocerebron* et le produit de sécrétion des péricaryones d'origine du nerf y parvient en cheminant le long des axones. D'autre part, ses cellules élaborent un produit acidophile différent de la substance sécrétée par les cellules neurosécrétrices; la même particularité a été récemment mise en évidence à propos des *corpora cardiaca* et de la glande du sinus.

([6]) *K. Vet.-Akad. Handl.*, (3), **18**, 1940, p. 1.

HÉMATOLOGIE. — *Examen de la surface des érythrocytes falciformes au microscope électronique*. Note de MM. **Marcel Bessis**, **Michel Bricka** et Mme **Janine Breton-Gorius**, transmise par M. Albert Policard.

Le microscope électronique montre la présence de formations orientées dans les hématies falciformes. Ces observations fournissent un argument important à la théorie de la cristallisation intra-globulaire de l'hémoglobine.

L'examen par transparence, au microscope électronique, des érythrocytes falciformes n'apporte pas de renseignements précis sur la structure de ces cellules (1). Par contre, l'examen de leur surface montre plusieurs ordres de faits.

Nous avons utilisé la méthode des moulages préombrés d'érythrocytes (2) (3) de malades porteurs de l'anomalie et rendus falciformes par l'adjonction de métabisulfite de sodium.

1° On constate la présence de stries parallèles, orientées suivant les axes principaux de la cellule. L'aspect de ces stries évoque la surface de petits bâtonnets disposés parallèlement. La longueur de ces bâtonnets serait égale ou supérieure au micron, leur largeur, assez constante, de l'ordre de 0,3 μ. Cet aspect ne se voit pas au microscope optique, sans doute à cause de la très faible épaisseur de ces structures.

2° On apprécie particulièrement bien les différences d'épaisseur de la cellule. On constate la présence de plateaux très accusés et de parties basses ayant l'aspect de voiles tendus entre ces différents plateaux, ce qui donne l'impression d'une enveloppe contenant des masses localisées qui ne la rempliraient pas complètement.

3° Souvent les contours de ces plateaux ne sont pas réguliers, mais présentent des dents de scie.

L'ensemble de ces constatations suggère fortement l'idée d'une cristallisation de la masse d'hémoglobine contenue à l'intérieur du globule. Les stries visibles sur la surface pourraient correspondre au relief, apparaissant à travers la membrane du globule, des cristaux internes d'hémoglobine, cristaux constitués très probablement par des amas de petits bâtonnets (4).

---

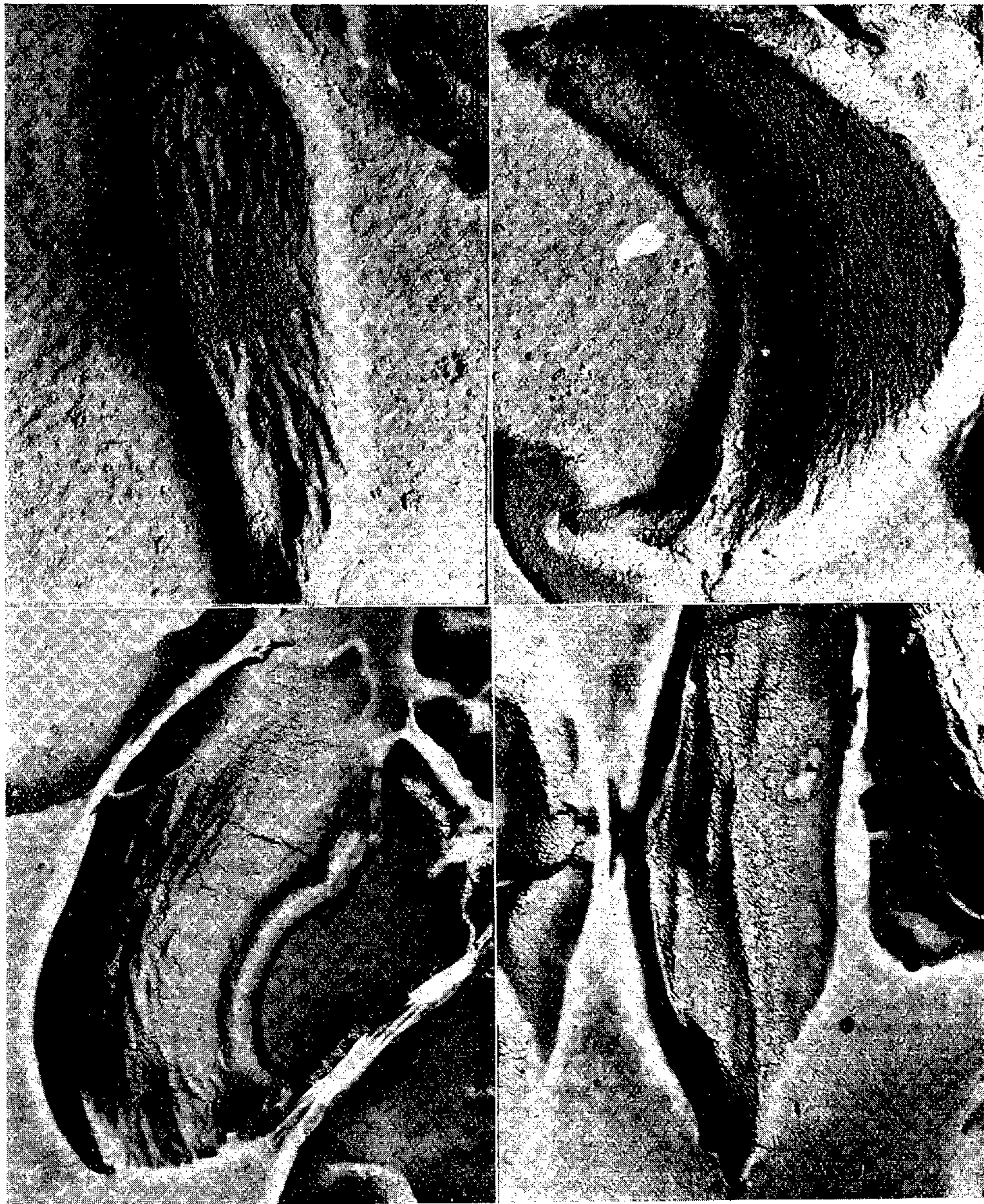
(1) J. W. Rebuck, H. L. Woods et E. A. Monaghan, *Proc. Soc. Exp. Biol. Méd.*, 68, 1948, p. 220-222.

(2) M. Bessis et M. Bricka, *C. R. Soc. Biol.*, 145, 1951, p. 1509.

(3) M. Bessis et M. Bricka, *Rev. Hémat.*, 5, 1950, p. 396-427.

(4) J. W. Harris, *Proc. Soc. Exp. Biol. Med.*, 75, 1950, p. 197-201.

Les observations faites *in vivo* en contraste de phase ([5]) montrent qu'il ne s'agit nullement d'un effet dû à la dessiccation. On constate, en effet,



Divers aspects de la surface des cellules falciformes (G. = 8000 D). — Noter les stries en forme de bâtonnets et les dents de scie qui bordent la partie surélevée, dans sa concavité (en haut, à droite).

la rigidification de la cellule falciformée, qui perd instantanément son mouvement vibratoire caractéristique et qui n'est plus déformable.

([5]) M. Bessis et M. Bricka, *Rev. Hémat.*, 3, 1952, p. 407-435.

ZOOLOGIE. — *Fixation et métamorphoses des larves de* Phylactolémates (Plumatella fungosa, Fredericella sultana). Note de M. **Paul Brien**, présentée par M. Maurice Caullery.

Dès les premiers stades de son développement dans la *Zoécie* maternelle, la larve des *Phylactolémates* édifie un cystide ovoïde ectomésodermique où la pariétopleure délimite une cavité cœlomique se dilatant de plus en plus [Kraepelin (1887-1899), Jullien (1889), Braem (1890-1897-1908)].

Au cours de l'organogénèse, la paroi ectomésodermique du cystide larvaire présente un gradient de basophilie qui va en décroissant de l'avant vers l'arrière. Cette calotte antérieure, très basophile et en prolifération intense, représente la région polypodiale du cystide larvaire. C'est là que se manifeste le bourgeonnement précoce d'un ou de deux polypes, selon qu'il s'agit de *Fredericella sultana* ou de *Plumatella fungosa*.

Autour et à la base de la calotte polypodiale, la paroi du cystide larvaire se dilate et s'élève en un repli circulaire qui s'accentue très vite. Le repli annulaire recouvre bientôt la calotte polypodiale bourgeonnante, l'encapuchonne complètement, la dépasse très fortement par un véritable glissement, d'arrière vers l'avant, de toute la paroi cystidiale.

Par ce mouvement, la région polypodiale en blastogénèse, est refoulée tout au fond du sac cystidial, sous une cloche en forme d'entonnoir, dont le tube étroit et long s'ouvre en avant par un orifice rétréci. Tel est l'aspect de la larve à son éclosion (*fig.* 1).

Pendant que la larve s'édifie, l'ectoderme se différencie. Dans la zone polypodiale très basophile, les cellules ectodermiques prennent bientôt la structure de l'ectoderme des zoécies adultes, elles se chargent de petites inclusions de sécrétion qui confluent entre elles. En prolifération active, elles sont très serrées et l'ectoderme est plissé. Par contre, sur toute l'étendue du cystide larvaire, les cellules ectodermiques deviennent fortement ciliées. Lorsque le repli annulaire se développe, pour entourer la région polypodiale, l'ectoderme de la face externe du repli reste cilié; celui de la face interne qui délimitera la cloche interne et son canal antérieur ne l'est pas, il s'étire, s'amincit, tout en acquerrant les inclusions typiques de l'ectoderme cystidial adulte. Sur toute l'étendue de la paroi se différencient des fibres musculaires longitudinales d'origine pariétopleurale. Pendant la vie libre de la larve, les polypides ne peuvent se nourrir, leurs tentacules étant encore enclos en leur gaine (*fig.* 1).

A sa sortie de la zoécie maternelle, la larve nage en tournant lentement sur son axe antéropostérieur, l'extrémité antérieure en avant; toutefois, le sens de rotation et l'orientation de la larve peuvent se renverser momentanément. Au cours de la vie libre qui peut s'étendre sur près de 24 h,

la paroi ciliée du cystide larvaire se déplisse et subit un déroulement d'ensemble, de l'avant vers l'arrière, précisément dans le sens inverse de celui qui l'avait amené à encapuchonner la région polypodiale. La cloche qui contient cette région polypodiale remonte donc vers l'avant. C'est

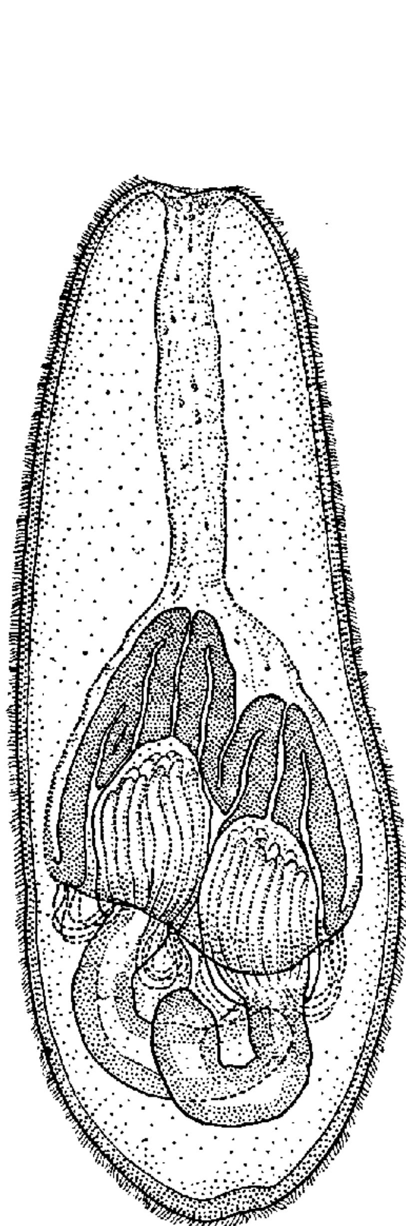


Fig. 1.

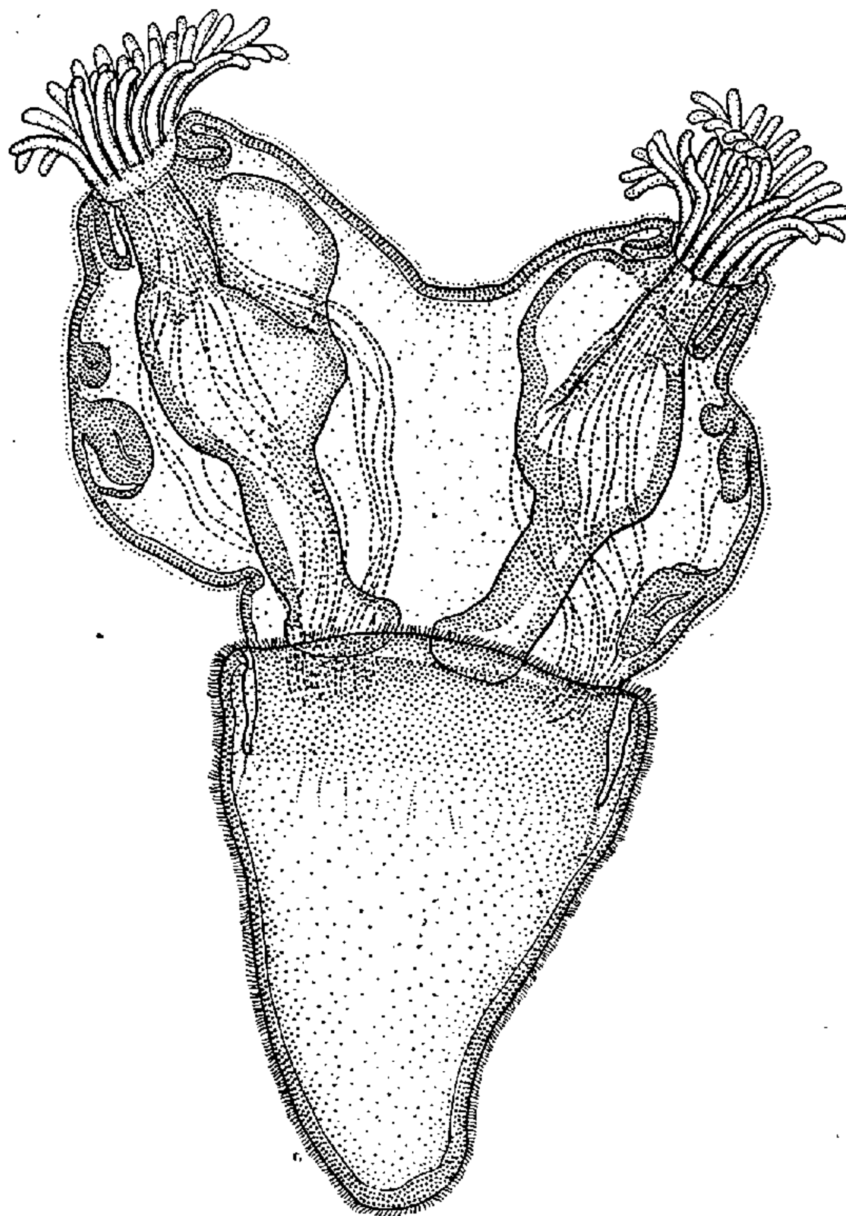


Fig. 2.

alors que la larve prend l'aspect d'une « montgolfière », selon l'expression de Jullien. L'orifice antérieur se dilate; lentement, la paroi de la cloche, initialement interne, s'excurve, devient externe. La région polypodiale se découvre, émerge du sac cystidial larvaire et se déploie. La larve de *Plumatella fungosa*, toujours nageante, présente donc, à ce moment, la forme d'un Y, comme le représente la figure 2.

Les jeunes zoécies se dégagent de plus en plus, divergent diamétralement, tandis que les lophophores s'épanouissent et deviennent fonctionnels. Les polypides sont capables de vivre, de se nourrir, tandis que chacune des zoécies bourgeonne. A ce moment, la larve, tournoyant sur elle-même, prend contact avec le support, non point par le sac cystidial toujours cilié, mais par la paroi même des zoécies. Celles-ci se fixent par la chitine adhésive que leur ectoderme glandulaire sécrète. Pendant ce temps, la paroi du sac cystidial larvaire postérieur se disloque, sa ciliature

s'efface, il entre en désagrégation. *Une partie* sera incorporée dans le cœlome des zoécies où il s'histolysera. Chez *Fredericella sultana*, au moment où le sac cystidial larvaire entre en involution, il s'invagine intégralement dans la zoécie, étant littéralement aspiré par le cœlome où il s'histolyse.

Il n'existe donc pas, dans ces larves de *Phylactolémates*, des « disques adhésifs » homologues à « l'organe de fixation » des larves de *Gymnolémates* marins. Il n'y a point de « rabattement », de « replis palléaux » destinés à fixer la larve au support.

Les larves de *Phylactolémates*, avant d'éclore, atteignent d'emblée le stade *cystide bourgeonnant*, auquel les larves de *Gymnolémates* aboutissent seulement après leur fixation et leur métamorphose, mais le cystide bourgeonnant des *Phylactolémates* est libre; il est pourvu, lui aussi, d'organes larvaires destinés à disparaître par une métamorphose concomitante à la fixation des jeunes zoécies qui en sont issues.

CHIMIE BIOLOGIQUE. — *Métabolisme intermédiaire des Mycobactéries*. III. *Malicodéshydrogénases et coenzyme I-cytochrome c réductase dans les bacilles tuberculeux*. Note (*) de MM. **Albert Jean Rosenberg** et **Anatole Andrejew**, présentée par M. Maurice Javillier.

La malicodéshydrogénase et la coenzyme I-cytochrome *c* réductase, isolée des bacilles tuberculeux humains avirulents ($H_{37}Ra$), bovins (BCG) et aviaires (A_{17}) virulents pour les Gallinacés, font partie du système suivant, semblable à celui des tissus animaux :

malate → malicodéshydrogénase → coenzyme I-cytochrome *c* réductase → cytochrome *c* → cytochrome oxydase → oxygène.

Après avoir mis en évidence dans les bacilles tuberculeux humains ($H_{37}Ra$), bovins (BCG) et aviaires (A_{17}), outre les cytochromes *a* et *b*, l'existence du cytochrome *c* (¹) et du système succinooxydasique (²), nous nous sommes demandé s'il n'existait pas dans ces bacilles une autre voie de réduction du cytochrome *c*.

On sait que le cytochrome *c* est réduit par une cytochrome *c* réductase dans les tissus animaux [Hass, Hogeboom (³)] et dans les végétaux supérieurs [Lockhardt, Rosenberg et Ducet (⁴)].

Il résulte des mises au point récentes concernant le métabolisme des Myco-

(*) Séance du 17 novembre 1952.

(1) A. Andrejew et A. J. Rosenberg, *Bull. Soc. Chim. Soc. Biol.*, **34**, 1952, p. 279.

(2) A. Andrejew, *C. R. Soc. Biol.*, **146**, 1952, p. 650.

(3) *J. Biol. Chem.*, **177**, 1949, p. 847.

(4) *Comptes rendus*, **233**, 1951, p. 449.

bactéries ([5]), ([6]), qu'aucune précision n'existe à l'heure actuelle ni en ce qui concerne l'existence dans ces bacilles de la coenzyme I-cytochrome *c* réductase, ni en ce qui concerne les caractéristiques de leur malicodéshydrogénase et de l'ensemble du système correspondant.

Les résultats suivants montrent que les bacilles tuberculeux possèdent le système où interviennent la coenzyme I-cytochrome *c* réductase et la malicodéshydrogénase, qui nécessite le DPN (diphosphopyridine nucléotide, coenzyme I), comme c'est le cas dans les tissus des Mammifères ([7]).

Environ 0,5 à 1 g de bacilles (poids sec), se trouvant dans les limites de la phase logarithmique de croissance en milieu synthétique de Long, sont lavés, homogénéisés dans 50 ml de tampon PO_4 0,03 M, pH 7,4, et soumis aux ultrasons, à froid, pendant 15 mn, à 950 kc/s. Après centrifugation à froid à 16000 tm, ce qui surnage est traité avec 3 vol d'acétone froide. Le précipité, séparé de ce qui surnage par une nouvelle centrifugation à froid, est dissous dans 10 à 15 ml d'eau distillée et la solution est dialysée, d'abord contre l'eau courante pendant 4 h, ensuite contre l'eau distillée pendant 18 h (à la chambre froide).

Par la méthode de Thunberg nous avons obtenu les résultats suivants :

Composition des tubes : 1 ml d'extrait enzymatique dialysé ; 1 ml de tampon PO_4 0,1 M, pH 7,4; 0,5 ml de *l*-malate 0,2 M; 0,1 ml de DPN (100 γ); 0,2 ml de CNK 2 M; 0,3 ml de BM 0,0005 M; eau distillée q. s. 3,5 ml.

A 37°, le temps de décoloration complète du BM est de 13,14, 30 et 48 mn, pour $H_{37}Ra$, BCG, A_{17} et M.phlei respectivement. La teneur respective de l'extrait enzymatique en matières sèches est de 4,1, 5,6, 12 et 5 mg. Dans tous les cas les témoins restent colorés plus de 420 mn. En l'absence du DPN, la décoloration ne se produit pas dans les limites indiquées ($>$ 420 mn).

Dans une même fraction, isolée du bacille $H_{37}Ra$ (0,658 g en poids sec, soumis aux ultrasons suivant le procédé décrit) et contenue dans 12 ml d'eau (après dialyse), nous avons pu suivre au spectrophotomètre de Beckman, d'abord la réduction du coenzyme I par la malicodéshydrogénase (à 340 mμ) et ensuite la réduction du cytochrome *c* (à 550 mμ), mettant ainsi en évidence dans les bacilles tuberculeux l'existence de la coenzyme I-cytochrome *c* réductase. Ces résultats sont résumés dans la figure.

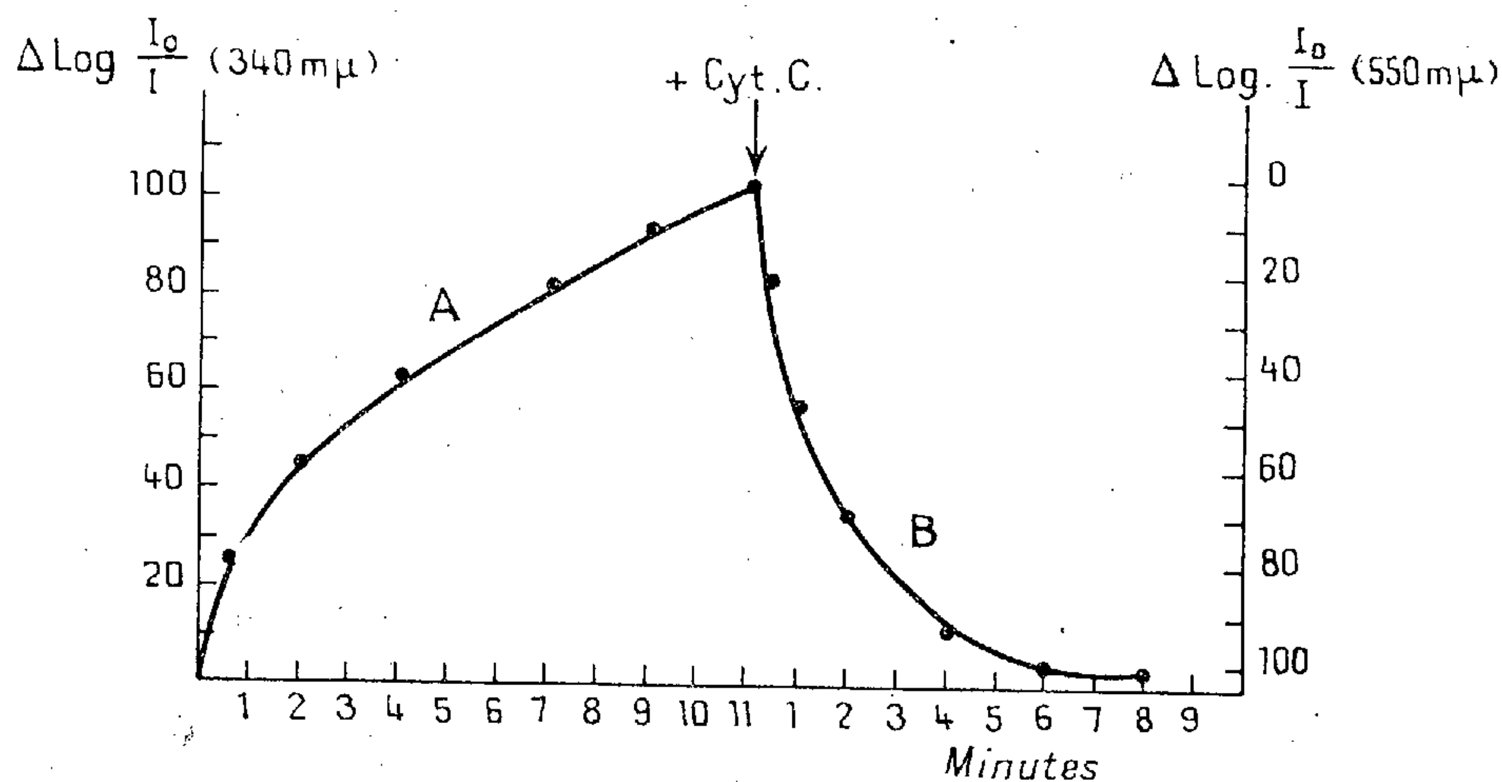
Les courbes correspondantes, obtenues avec les bacilles bovins (BCG), aviaires (A_{17}) et *M. phlei* sont tout à fait semblables à la figure.

([5]) W. F. Drea et A. Andrejew, *The Metabolism of the Tubercle bacillus*. Charles C. Thomas Publ., Springfield, U. S. A., 1952.

([6]) N. L. Edson, *Bact. Rev.*, 15, 1951, p. 147.

([7]) Van R. Potter, *J. Biol. Chem.*, 165, 1946, p. 311.

Dans cette réaction le cyanure peut être remplacé par le glutamate qui indique la présence de transaminases dans ces bacilles.



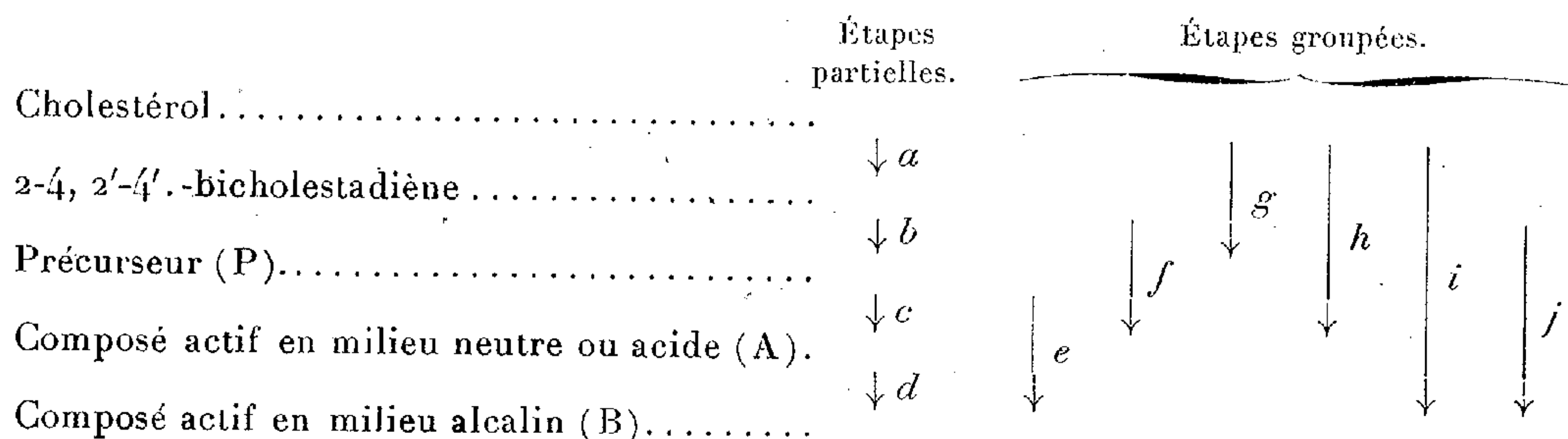
A : réduction du coenzyme I par la malicodéshydrogénase isolée des bacilles tuberculeux;
B : réduction du cytochrome *c* par la coenzyme I-cytochrome *c* réductase extraite de ces mêmes bacilles

Composition des cuves : 1,7 ml de tampon PO_4 0,1 M, pH 7,4; 0,1 ml de CNK 2 N ou 0,1 ml de glutamate 0,5 M; 0,2 ml de DPN (100 γ); 0,1 ml de nicotinamide 0,1 M; 0,1 ml de 1-malate 0,2; 0,3 m de solution d'enzymes.

Ces mesures du Q_{O_2} des corps bacillaires ayant subi les ultrasons, effectuées au moyen de l'appareil de Warburg, en présence de *l*-malate, de DPN, de nicotinamide, de glutamate et de l'enzyme isolé, montrent que l'addition du cytochrome *c* augmente la respiration de 20 % environ, en couplant ainsi ce système avec la cytochrome oxydase-O_2.

CHIMIE BIOLOGIQUE. — *Nouvelle chaîne d'activation antirachitique du cholestérol; sa généralité.* Note de M. **Yves Raoul**, Mlle **Noellie Le Boulch**, MM. **Jean Chopin**, **Paul Meunier** et Mme **Andrée Guerillot-Vinet**, présentée par M. Maurice Javillier.

Nos recherches antérieures, complétées par le présent travail, conduisent au schéma suivant de l'activation antirachitique du cholestérol :



1. *Étapes partielles.* — *a.* La préparation du 2.4, 2'.4'-bicholestadiène se fait régulièrement au moyen de la réaction de Salkowski [1] et, exceptionnellement, au cours de la réaction de Liebermann à chaud [2].

b. Après irradiation du 2.4, 2'.4'-bicholestadiène dans le benzène [3], on chromatographie la solution dans le tétrachlorure de carbone et on élue par l'éther sulfurique. La solution concentrée est traitée par le méthanol à froid, qui entraîne la précipitation d'une partie du précurseur P. Ce corps, vraisemblablement oxygéné, présente généralement un maximum d'absorption à 255 mμ dans l'éther [4].

On peut aussi réaliser cette transformation en chauffant le même carbure pendant 15 mn dans un mélange à parties égales de dichloréthane et d'acide acétique. Après évaporation totale sous vide, on reprend dans le tétrachlorure de carbone, on chromatographie et on termine comme précédemment.

c. Le précurseur formé transitoirement dans l'étape *e* est activable en composé A, mais l'isolement de ce dernier n'a pas pu être réalisé de cette façon. Pour l'isoler, il est préférable d'activer le précurseur en milieu alcalin par la potasse méthanolique à 5 % à l'ébullition pendant 1 mn. On étend d'eau du robinet suffisamment calcaire et on extrait par l'éther sulfurique le précurseur non transformé. On acidifie par SO_4H_2 au tournesol et on extrait à nouveau par l'éther sans peroxyde. Après concentration, on précipite le composé A par le méthanol.

d. Ce dernier corps, remis en contact avec une solution de potasse méthanolique étendue d'eau du robinet, passe, après 12 à 24 h, dans l'éther. Le composé actif B est celui qui a été cristallisé et décrit antérieurement [3], [5].

2. *Étapes groupées.* — *e.* Cette étape se réalise comme l'activation alcaline décrite en *c*, mais sans acidifier, de façon à obtenir directement B.

f. Les réactions photochimique et chimique décrites en *b* conduisent à la fois au précurseur P et au composé A [6].

g, h, i. Ces étapes sont réalisées à partir du cholestérol au cours de son activation directe, notamment par la réaction de Liebermann à chaud [5] que l'on peut arrêter à volonté aux stades P ou B. La préparation du 2.4, 2'.4'-bicholestadiène par la réaction de Salkowski fournit aussi du précurseur. Les premières activations réalisées par Bills [7], Yoder et collabo-

---

[1] *Bull. Soc. Chim.*, 1951, p. 616.
[2] *Comptes rendus*, **229**, 1949, p. 259.
[3] *Comptes rendus*, **234**, 1952, p. 2493.
[4] *Bull. Soc. Chim. Biol.*, **33**, 1951, p. 1223.
[5] *Comptes rendus*, **232**, 1951, p. 1258.
[6] *Comptes rendus*, **229**, 1949, p. 259.
[7] *J. Biol. Chem.*, **67**, 1926, p. 753.

rateurs (8), ou les nôtres à l'aide du dichloréthane et du chlorure d'acétyle (9), correspondent à l'étape *h*.

j. Cette étape peut s'exécuter comme *f* par les voies photochimique ou chimique décrites en *b*, mais en terminant comme en *d*, sans acidification intermédiaire.

Tous les procédés d'activation antirachitique du cholestérol que nous avons réalisés se font, en résumé, par les mêmes intermédiaires et aboutissent aux mêmes corps actifs. Ces composés intermédiaires et les corps actifs sont distincts de ceux comportant le passage par les Δ 5.7-stérols et conduisant aux vitamines D classiques.

Nous avons, de plus, isolé des huiles de foies de morue, de requin et de thon, le précurseur P et les deux formes A et B de notre corps actif et nous les avons identifiés par leurs caractères physiques et chimiques (10). Nous pensons pouvoir, dès maintenant, affirmer la nature vitaminique des corps actifs et nous leur réservons, pour cette raison, le nom de vitamines D 7.

MICROBIOLOGIE. — *Production de cristaux par une souche de* Pasteurella pestis *cultivée sur certains milieux gélosés*. Note de M. **Georges Girard**, présentée par M. Gabriel Bertrand.

Il y a près de 20 ans que J. Robic, associé à nos recherches sur la vaccination contre la peste par un vaccin vivant, remarquait, à la surface de cultures sur gélose inclinée de la souche E. V., des concrétions blanchâtres parsemant la couche microbienne, lesquelles, de prime abord, eussent été prises pour des moisissures. Il n'en était rien et l'examen microscopique montrait qu'il s'agissait de formations dans lesquelles dominaient des aiguilles cristallines au milieu de nombreux bacilles pesteux normaux aisément repiquables à l'état de pureté.

Ces constatations étaient faites à l'Institut Pasteur de Paris dans le laboratoire de E. Dujardin-Beaumetz. Rien de tel ne se produisait à l'Institut Pasteur de Tananarive où nous poursuivions nos travaux sur la même souche vaccinale. Il fallait donc admettre que le milieu utilisé à Paris était le seul favorable à l'apparition d'une anomalie qui, par ailleurs, n'avait jamais attiré l'attention au service de la peste où, depuis longtemps, ce milieu servait à la culture et à la conservation des souches de *P. pestis*.

J. Robic avait noté, à l'époque, que la précipitation des cristaux était liée à un certain degré de dessiccation du milieu, car si les tubes étaient scellés lorsque la culture était suffisamment développée, celle-ci gardait

(8) *Voir* notamment L. Yoder et B. H. Thomas, *J. Biol. Chem.*, 178, 1949, p. 363.

(9) *Comptes rendus*, 228, 1949, p. 1064.

(10) Contrôles biologiques en cours.

son aspect habituel. Il réunit ainsi une collection de tubes qui présentaient plus ou moins de ces concrétions selon qu'ils avaient été scellés à intervalles divers ou non scellés. Néanmoins, le phénomène était inconstant. Ne pouvant être reproduit en série, il revêtait, sans plus, le caractère d'une curiosité bactériologique; en effet, dans des conditions en apparence identiques, les subcultures en provenance de colonies à cristaux en donnaient ou n'en donnaient pas.

Les circonstances nous ayant conduit ces dernières années à étudier la valeur de milieux très variés pour la croissance et le maintien des propriétés de la souche E. V., il nous est arrivé, et Robic a fait une constatation semblable à Tananarive, de voir, occasionnellement, des cristaux sur des cultures ayant poussé sur plusieurs de ces milieux, mais c'est par hasard que nous avons remarqué que *toutes* les colonies isolées sur un milieu particulier étaient après quelque temps parsemées d'une sorte de givre dans lequel nous retrouvions les aiguilles cristallines au sein d'une masse de bacilles pesteux normaux, colonies offrant un contraste saisissant avec celles isolées au cours d'ensemencements pratiqués simultanément sur les autres milieux.

Ce milieu est une macération à *froid de viande fraîche de bœuf* (le cœur ne convient pas), additionnée de 20 g de peptone commerciale de marque « Uclaf » et de 5 g de NaCl par litre, gélosée à 20 °/₀₀; pH final ajusté à 7. Les cristaux se produisent aussi bien sur la surface de la gélose inclinée en tube qu'en boîte de Roux.

Nous sommes désormais en mesure de reproduire régulièrement le phénomène et ainsi d'en poursuivre une étude systématique. Dès à présent, les faits suivants nous semblent acquis :

1° Les néoformations sont composées de cristaux vrais, biréfringents, et de bacilles pesteux. Elles sont, le plus souvent, d'un blanc crayeux, mais parfois jaunâtres. Elles ne se voient jamais sur les tubes témoins, non ensemencés, quel que soit leur degré de dessiccation.

2° Leur transport par repiquage sur un tube de milieu neuf donne toujours une culture normale de *P. pestis* avec toutes les propriétés reconnues à la souche E. V.

3° Les cultures associées à ces cristaux ont une vitalité au moins égale et souvent supérieure, à celles qui ne portent pas de cristaux comme en témoignent les repiquages effectués avec les unes et les autres après plusieurs années de conservation en glacière.

4° Trois clones dérivés de cellules A, B, C, isolées au micromanipulateur par Y. Tchan en 1949 [1], engendrent des cristaux au même titre que l'échantillon original de la souche E. V. dont ils proviennent.

---

(1) *Bull. Soc. Path. Exot.*, 42, 1949, p. 89.

5° Deux souches avirulentes et une virulente de *P. pestis*, une souche de *P. pseudotuberculosis* cultivées sur le milieu ci-dessus défini, ne montrent aucune cristallisation après plusieurs semaines, alors que la souche E. V. en présente dès le 15e jour.

Les recherches en cours apporteront des précisions sur la nature des cristallisations (²) ainsi que sur les processus qui concourent à leur formation. L'hypothèse d'en voir se produire avec d'autres souches que la souche E. V. n'est, au surplus, pas exclue.

A notre connaissance, et compte tenu de l'avis exprimé par les nombreux microbiologistes français et étrangers qui ont eu l'occasion de voir ces néoformations à notre laboratoire, ce serait la première fois qu'elles sont constatées sur une culture microbienne, sous un tel aspect macroscopique.

MICROBIOLOGIE. — *Relation inverse entre les variations des teneurs en antigènes O et Vi de quelques entérobactériacées suivant la température d'incubation.* Note de MM. **André Jude, Jacques Servant, Pierre Nicolle** et Mlle **Paule Servant**, présentée par M. Jacques Tréfouël.

Les teneurs en antigènes *O* et *Vi*, déterminées par les méthodes sérologique et chimique, dans les cultures *Vi* positives de *Salmonella typhi* et de la souche *Ballerup* incubées à 18°, à 37° et à 41°,5, varient en sens inverse. Dans les formes *Vi* négatives de *S. typhi*, la courbe des variations de l'antigène *O* est analogue à celle de la somme des antigènes *O* et *Vi* des formes *Vi* positives. Ces constatations autorisent à admettre l'existence d'une relation dans la formation de ces facteurs.

Par l'observation de l'irisation des cultures, par la recherche de la sensibilité aux bactériophages *Vi* et par les techniques sérologique (absorption des agglutinines) et chimique (extraction et pesée de l'antigène *Vi*), nous avons constaté antérieurement [1], [2], [3], [4], [5] que la présence et l'abondance de l'antigène *Vi* dans les cultures de diverses Entérobactériacées variaient avec la température d'incubation suivant deux modalités différentes : pour *S. typhi* et *S. paratyphi C.*, la plus grande production se situe autour de 37°, alors que pour *E. coli Vi* et la souche *Ballerup*, l'optimum thermique d'élaboration de ce

(²) M. le Professeur G. Bertrand, sur un très faible échantillon de ces cristaux, avait, en 1936, décelé la présence de phosphore, de magnésium et d'un composé azoté, la triméthylamine. Mais le matériel qui lui avait été remis était insuffisant pour autoriser une analyse plus poussée.

(¹) A. Jude et P. Nicolle, *Comptes rendus*, **234**, 1952, p. 1718.
(²) P. Nicolle et A. Jude, *Comptes rendus*, **234**, 1952, p. 1922.
(³) A. Jude et P. Nicolle, *Comptes rendus*, **234**, 1952, p. 2028.
(⁴) P. Nicolle et A. Jude, *Comptes rendus*, **234**, 1952, p. 2313.
(⁵) A. Jude, P. Nicolle, J. et P. Servant, *C. R. Soc. Biol.*, **146**, 1952, p. 1011.

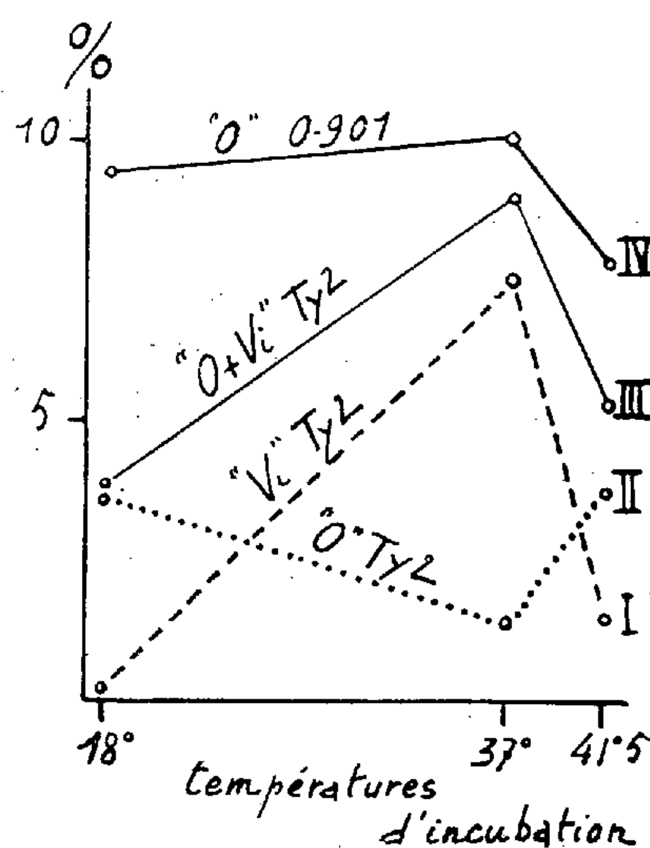
facteur se trouve aux environs de 18°. Nous avons obtenu ainsi deux courbes à allure caractéristique ([4]).

Dans le présent travail, nous avons étudié les variations de l'antigène *O* chez des souches *Vi* positives et *Vi* négatives de *S. typhi* et chez la souche *Ballerup Vi* positive, cultivées à 18°, à 37° et à 41°,5. Les résultats sont entièrement différents suivant qu'on s'adresse aux souches de forme *Vi* positive ou de forme *Vi* négative.

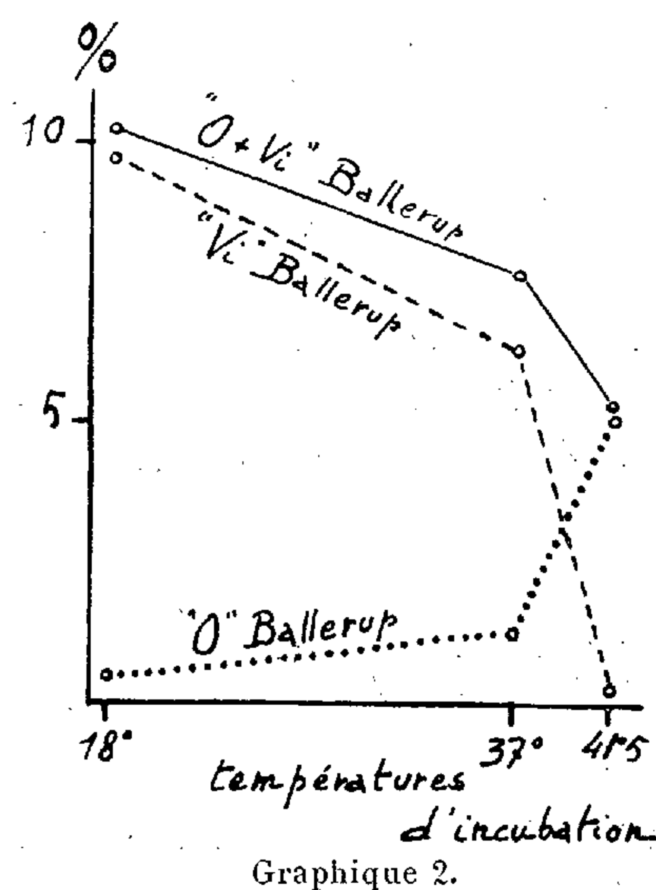
1° *Cas des formes Vi positives* (*S. typhi* Ty 2, Ty 556, Ty 7251, et la souche *Ballerup*). — Chez les souches de *S. typhi Vi* positives, les titrages sérologiques et chimiques montrent que l'antigène *O* est élaboré en plus grande quantité à 18° et à 41°,5 qu'à 37°. Chez la souche *Ballerup*, c'est au contraire à 41°,5 que le maximum de production en antigène *O* est atteint. Dans le tableau suivant sont résumés quelques-uns de nos dosages chimiques, traduits en pourcentage par rapport au poids sec de la récolte.

Température d'incubation.	Formes *Vi* positives.						Formes *Vi* négatives.					
	Ty 2.		Ty 556.		Ballerup.		O 901.		H 901.		51 251.	
	O.	*Vi.*	*O.*	*Vi.*	*O.*	*Vi.*	*O.*	*Vi.*	O.	*Vi.*	*O.*	*Vi.*
18°........	3,70	0,11	7,87	0,06	0,42	9,80	9,50	–	7,18	–	9,51	–
37°........	1,34	7,73	1,14	5,86	1,35	6,35	10,08	–	11,53	–	10,39	–
41°,5......	3,80	1,56	6,52	0,46	5,06	0,14	7,95	–	7,96	–	7,54	–

La courbe II du graphique 1 représente les variations de l'antigène *O* chez *S. typhi* Ty 2; la courbe I schématise les variations de l'antigène *Vi* chez cette



Graphique 1.



Graphique 2.

souche. Les deux courbes sont inverses : l'antigène *O* est d'autant plus abondant que l'antigène *Vi* l'est moins, ou *vice versa*. Chez la souche *Ballerup*

(*graphique* 2), il en est de même; mais les courbes *O* et *Vi* ne s'entrecroisent qu'une fois puisque la production de l'antigène *Vi* va en diminuant de 18° à 41°,5.

2° *Cas des formes Vi négatives* (*S. typhi* O 901, H 901 et Ty 51 251). — Ces trois souches n'élaborent d'antigène *Vi* à aucune des températures étudiées. A 37°, la quantité d'antigène *O* élaborée est à son maximum; à 18°, elle est légèrement inférieure; à 41°,5, elle est nettement plus faible (tableau I et courbe IV du graphique 1). Là encore, la production de l'antigène *O* varie quantitativement suivant la température, mais elle affecte une allure entièrement différente de celle constatée pour la production de ce même antigène par les formes *Vi* positives.

Les variations toujours inverses des teneurs en antigènes *O* et *Vi* chez les formes *Vi* positives conduisent à se demander si la production de ces deux facteurs n'est pas étroitement liée : existence d'un matériel commun initial servant à l'élaboration, suivant la température d'incubation soit de l'antigène *O*, soit de l'antigène *Vi*, ou transformation de l'un ou l'autre, ces deux processus pouvant être sous la dépendance d'enzymes à optimum thermique différent, variable d'ailleurs suivant les espèces microbiennes envisagées.

VIROLOGIE. — *Action de certains inhibiteurs enzymatiques sur la multiplication du virus de la grippe.* Note de M. **Claude Hannoun**, présentée par M. Jacques Tréfouël.

Le malonate de soude, l'hydroquinone et l'association fluorures-phosphates inhibent la multiplication du virus de la grippe. Ces trois agents ont en commun la propriété d'inhiber la déshydrogénase succinique.

L'une des méthodes les plus utiles pour comprendre le mécanisme de la synthèse des virus dans les cellules sensibles est l'étude de l'action des inhibiteurs enzymatiques sur la multiplication de ces agents.

1. *Acide malonique.* — Le malonate de soude a la propriété bien connue d'être un inhibiteur (du type compétitif) de la déshydrogénase succinique, enzyme réalisant une des réactions-clé dans la chaîne des oxydations cellulaires. Nous avons recherché son action sur la multiplication du virus grippal dans l'embryon de Poulet. Ackermann (1950) [1] a réalisé une étude analogue sur le virus grippal entretenu sur culture de tissus.

Le malonate est toxique pour l'embryon de Poulet. La dose 50 % toxique est voisine de 1,5 mg par œuf. Cependant, à la dose de 1 mg introduite

(1) *J. Biol. Chem.*, 189, 1950, p. 421-428.

une heure après l'inoculation du virus, dose qui ne produit pas d'effet toxique, on constate une inhibition nette puisque l'on ne trouve, dans les œufs traités par cette dose, qu'une quantité de virus égale à 55 % du virus produit par les œufs témoins.

Si l'on injecte le malonate plus tardivement, on obtient une réduction d'autant plus marquée que l'intervalle est plus petit entre infection et traitement.

Une injection de malonate à la 20ᵉ heure, c'est-à-dire au moment où le virus commence à être décelable par hémoagglutination dans le liquide allantoïque, diminue encore la quantité de virus présente en fin d'expérience, à 40 h.

Le malonate inhibe donc la multiplication du virus grippal. Pour savoir si la déshydrogénase succinique était bien en cause, nous avons cherché l'effet d'autres inhibiteurs de cet enzyme.

2. *Hydroquinone.* — Ce corps, très toxique pour l'œuf puisque, à la dose de 0,5 mg, on observe 50 % de mortalité, a des propriétés inhibitrices vis-à-vis de la succinodéshydrogénase. Aux taux notablement inférieurs aux doses toxiques, on constate déjà un puissant effet inhibiteur vis-à-vis de la multiplication du virus. La dose 50 % inhibitrice se situe autour de 0,25 mg.

3. *Autres inhibiteurs.* — Des travaux tout récents de Slater et Bonner [2] ont montré que si les fluorures d'une part, les phosphates d'autre part, sont de médiocres inhibiteurs de la déshydrogénase succinique, on peut inhiber, de façon très efficace, l'action de cet enzyme par association des deux. Nous avons donc réalisé l'expérience qui consiste à traiter différents lots d'œufs 18 h avant l'injection du virus, par du fluorure de sodium (5 mg), une solution de phosphates de sodium et de potassium M/15 à pH 7 (0,5 cm^3), un mélange des deux ou une égale quantité d'eau physiologique. En prenant 100 pour la quantité de virus produite par œuf dans ce dernier lot, nous avons obtenu les rendements respectifs de 42, 55 et 9 % pour les trois autres lots.

Trois inhibiteurs différents de la déshydrogénase succinique se sont montrés inhibiteurs de la multiplication du virus grippal sur embryon de poulet. La déshydrogénase succinique intervient peut-être dans la synthèse du virus, par exemple en participant à une chaîne de réactions dont les produits ou l'énergie sont nécessaires à cette synthèse.

([2]) *Bioch. J.*, 52, 1952, p. 185-196.

MÉDECINE. — *Parallèle entre les éléments anatomiques normaux et pathologiques de la maladie rhumatismale.* Note (*) de M. **André Cretin**, présentée par M. Robert Courrier.

1. Le bloc d'os spongieux épiphyso-métaphysaire, divisé en deux par le cartilage de conjugaison, représente, dans l'os long adulte, ce qui reste de l'ébauche primitive enrichie par les apports de l'enfance et de l'adolescence. Il doit être considéré comme un véritable organe. L'épiphyse est extra-diaphysaire, la métaphyse est incluse dans le tube diaphysaire. La circulation épiphyso-métaphysaire est indépendante de celle de la diaphyse. L'absence d'anastomoses affirme la dualité d'origine. Les artères métaphysaires présentent une disposition en hélice ou en accordéon, véritable amortisseur hydraulique, renforcé par une ou plusieurs bagues de cellules myofibrillaires qui étranglent ou dilatent le vaisseau, comme cela existe sur l'artère glomérulaire du rein.

2. La croissance normale par le cartilage de conjugaison est mise en route par de microscopiques suffusions sanguines. Si celles-ci deviennent trop abondantes ou trop fréquentes, le mécanisme normal devient pathologique. Le fer globulaire, activateur en petites quantités, n'est plus qu'un destructeur. Il lyse le tissu spongieux métaphysaire. Or, ce tissu est le lieu où se passent les phénomènes biologiques primordiaux et il fonctionne comme un catalyseur. Tout comme les appareils industriels de ce genre, il peut être « empoisonné ». L'arrêt de son fonctionnement se traduit par la formation locale d'huile (1).

3. La lésion anatomique habituelle est une rupture vasculaire qui coïncide avec une douleur locale extrêmement vive.

Les causes les plus fréquentes de ces hémorragies sont :

1° une infection qui, en augmentant la fluidité du sang, permet des « fuites » dans un système vasculaire altéré;

2° une infection ou une diathèse comme la goutte qui s'attaque directement aux vaisseaux;

3° une hypertension qui peut être générale ou limitée au membre malade;

4° il faut, enfin, tenir compte des variations barométriques brusques

---

(*) Séance du 17 novembre 1952.

(1) Cette huile est le résultat d'un catabolisme anormal des glucides qui nourrissent le tissu métaphysaire. Les échantillons que nous avons recueillis sont un mélange dans lequel les méthodes chimiques d'analyse nous ont permis d'identifier, l'acide oléique, le cholestérol et des protéines diverses parmi lesquelles l'arginine (flavianate d'arginine).

qui peuvent influencer un système capillaire rendu fragile : d'où les douleurs des rhumatisants aux changements de temps.

En définitive, tous ces accidents se résument dans des hémorragies de causes diverses et d'importance variable. Ils s'apparentent à ceux des scaphandres et des caissons qui sont beaucoup plus violents et plus graves (²). Le curage métaphysaire qui soulage immédiatement et parfois définitivement la douleur des rhumatisants, nous paraît indiqué ici.

Conclusions. — La généralisation de l'atteinte vasculaire des valvules du cœur aux capillaires, donne à la maladie rhumatismale un caractère d'unité, malgré le polymorphisme de ses manifestations cliniques. Les dispositions anatomiques expliquent la localisation des lésions et l'immunité de la diaphyse.

A 16 h 15 m l'Académie se forme en Comité secret.

La séance est levée à 16 h 40 m.

L. B.

(²) Un article de Kahestrom, Burton et Phemister, *Surgery, Gynecology and obstetric*, février 1939, p. 129-144, Aseptic nécrosis of Bone, qui a trait à la maladie des Caissons, montre les mêmes images macro et microphotographiques que le rhumatisme déformant.

ACADÉMIE DES SCIENCES.

SÉANCE DU MERCREDI 10 DÉCEMBRE 1952.

PRÉSIDENCE DE M. ALBERT CAQUOT.

MÉMOIRES ET COMMUNICATIONS
DES MEMBRES ET DES CORRESPONDANTS DE L'ACADÉMIE.

M. le **Président** s'exprime en ces termes :

Louis Lapicque vient de disparaître laissant derrière lui une œuvre considérable qui lui survivra. Il appartenait à notre Compagnie depuis 1930.

Ce Lorrain naquit à Épinal le 1er août 1866, et son père l'initia, dès son jeune âge, aux sciences de la vie. Il eut, très jeune, cette vocation de naturaliste et, pour satisfaire ses goûts, il voulut se faire médecin.

Venu à Paris pour ses études, la science pure l'attira bien vite : dès 1886, il était licencié ès Sciences naturelles et le laboratoire lui paraissant l'élément d'études le plus puissant; il devient, dans les cinq années qui suivirent, préparateur, puis Chef adjoint du laboratoire de Clinique de la Faculté à l'Hôtel-Dieu.

C'est alors qu'en 1892, il accepta de faire sur la *Sémiramis* un voyage de quinze mois pour l'étude de la morphologie humaine, interrompant provisoirement ses études sur le circuit du fer dans l'organisme.

De sa mission, il rapporte une abondante collection de documents soigneusement analysés et classés, spécialement sur les *Negritos* de l'océan Indien et du Pacifique. Mais il y retourne 10 ans plus tard pour asseoir ses conclusions sur une vue d'ensemble, en étudiant certaines tribus de l'Inde.

Le résultat de cette large étude systématique a été l'éclaircissement de la question. Les *Negritos* sont les témoins d'une race nègre unique, qui s'est étendue de l'Afrique à l'Océanie, témoins diminués par la misère physiologique, ce peuplement ayant reculé devant l'invasion de races plus puissantes et plus évoluées.

Louis Lapicque commença ses études du système nerveux par une comparaison très complète *du poids relatif de l'encéphale* dans l'échelle animale.

Le rôle du système nerveux étant surtout périphérique, il est normal que le poids de l'encéphale croisse seulement comme une puissance fractionnaire du poids total du corps.

Pour les Mammifères, en 1897, Dubois avait trouvé pour l'exposant 0,56 Lapicque étudie avec ses élèves un très grand nombre d'espèces d'oiseaux. L'exposant varie de 0,516 pour les oiseaux de proie à 0,590 pour les perroquets, et entre ces deux extrêmes la moyenne de tous les exposants lui donne cette même valeur de 0,56.

Si l'exposant est ainsi peu variable, par contre le facteur de proportionnalité du poids de l'encéphale à la puissance 0,56 du poids en grammes du corps varie au contraire dans de très larges limites puisqu'il est seulement 0,07 pour le Paon, tandis qu'il atteint 0,27 pour le Geai et 0,30 pour le Perroquet.

Dans un graphique d'ensemble des espèces, l'Homme se classe nettement en tête, et les Crustacés en fin du graphique.

Par ces déterminations expérimentales, Louis Lapicque montrait l'importance des mesures dans les Sciences naturelles, et il revenait sans cesse sur cette question.

Se méfiant des conclusions prématurées, il discutait longuement les résultats et il vérifiait que si la loi précédente est applicable aux espèces sauvages, vivant dans l'état de nature, elle ne peut représenter les modifications de taille et de poids résultant de sélections artificielles. Le Chien représente dans cette évolution l'éventail de poids de beaucoup le plus ouvert entre toutes les espèces, aussi son exposant propre n'est que de 0,25.

Louis Lapicque montre qu'il faut tenir compte, dans la limite d'une même espèce, de l'effet de la domestication, et il retrouve un résultat analogue, mais dans une direction différente, pour les animaux sélectionnés pour leur chair, lapins, ruminants, oiseaux de basse-cour dont le poids du cerveau est loin d'augmenter comme la puissance 0,56 du poids du corps.

Louis Lapicque ne pouvait se contenter de ces résultats d'ensemble et il recherche les variations du poids entre les diverses fractions du cerveau, ainsi que l'effet de la grosseur des fibres nerveuses, enfin l'influence du développement des organes sensoriels comme l'œil, influences qui se révèlent importantes.

Reprenant parallèlement son étude sur les *mutations du fer* et sur les globules rouges, il réalise une méthode de dosage originale et Louis Lapicque détermine la répartition du fer d'une part suivant les organes, d'autre part, suivant le sexe, les différences étant fort nettes. Expérimentalement, il montre comment se font les concentrations de fer dans les différentes parties de l'organisme.

Ses études sur la *ration d'entretien* procèdent des mêmes soins dans

l'expérimentation et du même souci de ne donner des conclusions que lorsque les résultats ne permettent plus le doute.

L'observation des peuples *tropicaux* en 1893, lors de son séjour en Érythrée, lui avait montré qu'il suffisait d'une ration moyenne de 50 g par jour d'albumine et de 2040 calories pour assurer le régime correct, sous ce climat, d'un homme d'un poids moyen de 52 kg.

Quelques mois plus tard, il trouvait les mêmes grandeurs en Malaisie. Recherchant une relation générale, il montra que le point de vue énergétique est le plus important et que seules les données géométriques et physiques conditionnent la perte de chaleur.

Les oiseaux permettent une étude expérimentale précise de la ration d'entretien en fonction du poids de l'animal et de la température du milieu.

Entre le Pigeon et le Bengali le poids passant de 1 à 52 et la surface de 1 à 14 la ration passe de 1 à 6,4.

Elle croît donc moins vite que la surface et beaucoup moins vite que le poids. Pour la température passant de 16 à 28° C dans le milieu ambiant, elle diminue de près de la moitié chez le Bengali.

Louis Lapicque était ainsi bien armé pour répondre à une question pratique posée par la défense nationale. Celle de l'alimentation en temps de guerre. Son étude sur le blutage de la farine et celle sur la possibilité d'utiliser les algues marines pour la nourriture des chevaux ont guidé les pouvoirs publics dans ces périodes difficiles.

Mais l'œuvre capitale de Louis Lapicque, celle qui a eu le plus grand retentissement est relative à la loi d'excitation électrique, liée à la rapidité fonctionnelle du tissu considéré.

Pour caractériser cette rapidité fonctionnelle, Louis Lapicque considère une constante de temps, *la chronaxie* dont la définition purement expérimentale permet, par un nombre, une comparaison précise.

Elle résulte de deux déterminations expérimentales :

1° l'intensité d'un courant à début brusque juste suffisante pour atteindre après une durée pratiquement indéfinie, le seuil de l'excitation;

2° le temps nécessaire pour atteindre ce seuil avec une intensité doublée C'est ce temps auquel Lapicque a donné le nom de Chronaxie.

Il a été trouvé constant à l'approximation des mesures près, mais sa variation est considérable d'un muscle à l'autre, ou comme dans l'électrodiagnostic dans les altérations des tissus. En ce qui concerne l'être humain ce temps physiologique est de l'ordre de quelques dix-millièmes de seconde. Le chronaximètre de Lapicque par décharge de condensateur a une sensibilité d'un 300e de seconde.

La vie universitaire de notre confrère fut très active. Docteur en Médecine en 1895, Docteur ès Sciences en 1897, Maître de conférence à la Sorbonne en 1899, Professeur au Museum en 1911, Professeur de Physiologie générale

à la Sorbonne en 1919, il fut lauréat et président de plusieurs Sociétés savantes, Docteur *Honoris Causa* et Membre honoraire de plusieurs Universités étrangères.

Nous n'avons cité que les traits principaux de l'œuvre de Louis Lapicque, mais ils suffisent pour faire comprendre sa puissance de travail, sa grande imagination et son honnêteté scientifique absolue.

Mais nous aimions également l'homme pour l'indépendance totale de son esprit et sa naturelle bienveillance.

Cet éminent savant concevait la noblesse par le cœur et par la pensée, et non par les signes extérieurs. Ses funérailles furent empreintes de la simplicité qu'il a spécialement demandée. Peu lui importait des fleurs et des discours, car il savait qu'il possédait le bien spirituel le plus précieux : la profonde estime de ses pairs.

J'adresse, en votre nom, à Mme Lapicque et à tous les siens, l'expression émue de toute notre sympathie et l'assurance de notre fidèle souvenir.

Notice nécrologique sur Sven Hedin,

par M. **Emmanuel de Martonne**.

Le Dr **Sven Hedin**, récemment disparu, peut être compté parmi les plus grandes figures d'explorateurs.

Particulièrement attaché au Continent asiatique, il en parcourut, dès sa première traversée, qui dura trois ans, les plateaux neigeux à une altitude moyenne de plus de 6 000 m, où il faillit perdre toute sa caravane. Il releva les ruines du Sud-Est du Pamir et du Takla Makan, ainsi que le cours du Tarim, jusqu'au Lob Nor.

Dans un second, puis un troisième voyage, il explora les bourrelets de chaînes d'où découlent le Bramapoutre, l'Indus, etc.

Il faut insister sur le caractère rigoureusement scientifique des explorations de Sven Hedin. Ses caravanes complètes comportaient diverses sections : astronomique, géodésique, hydrologique.

C'est ainsi qu'il nous a fait connaître les innombrables lacs des plateaux et qu'il a résolu l'énigme du Lob Nor, type du lac de steppe désertique.

Notons enfin que l'énergie indomptable de l'explorateur nous a valu une cartographie désertique comprenant 1149 feuilles, appuyées sur 114 points astronomiques.

PHYSIQUE THÉORIQUE. — *La Mécanique ondulatoire des systèmes de particules de même nature et la théorie de la double solution.* Note (*) de M. **Louis de Broglie**.

Étendant au cas des particules de même nature les résultats obtenus dans une Note précédente, l'Auteur montre qu'en théorie de la double solution le fait que les diverses singularités d'une même onde sont interchangeables doit entraîner le caractère symétrique ou antisymétrique de l'onde Ψ dans l'espace de configuration.

Dans une Note récente (1) nous avons analysé le passage de la Mécanique ondulatoire dans un champ donné à la Mécanique ondulatoire des systèmes de corpuscules dans l'espace de configuration quand on adopte le point de vue de la double solution. Nous avions raisonné sur un système de deux corpuscules de nature différente ($m_1 \neq m_2$). Nous voulons analyser ce qui se passe dans le cas de deux corpuscules de même nature ($m_1 = m_2 = m$).

L'étude d'un tel système en Mécanique ondulatoire usuelle montre que, si les régions de présence possible des deux particules empiètent l'une sur l'autre, il est nécessaire de supposer que l'onde Ψ du système dans l'espace de configuration est soit symétrique, soit antisymétrique (2).

Comme les équations d'ondes des deux particules sont les mêmes, il est naturel de supposer que, si les trains d'ondes u empiètent en partie, les ondes u se superposent et forment finalement une seule onde que l'on peut écrire sous la forme

$$u(x, y, z, t) = f(x, y, z, t)\, e^{\frac{2\pi i}{h}\varphi(x,y,z,t)}$$

l'amplitude f ayant ici deux singularités ponctuelles distinctes. En d'autres termes, les ondes individuelles des deux particules $u_1(\vec{R}, \vec{r}_{12}, t)$ et $u_2(\vec{R}, \vec{r}_{12}, t)$ doivent se superposer pour former une onde unique à deux singularités.

Employons les notations de la Note citée au début; supposons l'une des singularités située au point $\vec{R}_i$ et l'autre à la distance $\vec{r}_{12}$ de $\vec{R}_i$. Nous devrons avoir

$$(1) \qquad \varphi_1(\vec{R}_i, \vec{r}_{12}, t) = \varphi_2(\vec{R}_i, \vec{r}_{12}, t) \qquad \text{pour} \quad i = 1, 2,$$

d'où d'après les formules (8) de la Note précédente

$$(2) \quad \varphi_{11}(\vec{R}_i, t) = \varphi_{22}(\vec{R}_i, t); \qquad \varphi(\vec{R}_1, \vec{R}_2, \vec{r}_{12}, t) = \varphi_{11}(\vec{R}_1, t) + \varphi_{11}(\vec{R}_2, t) + \varphi_{12}(\vec{r}_{12}, t),$$

(*) Séance du 1er décembre 1952.

(1) *Comptes rendus*, 235, 1952, p. 1345.

(2) Voir *Mécanique ondulatoire des systèmes de corpuscules*, 2e éd., Gauthier-Villars, 1950, p. 131 et suiv.

$\varphi(\vec{R}_1, \vec{R}_2, \vec{r}_{12}, t)$ désignant la phase de l'onde Ψ du système dans l'espace de configuration

De même pour les amplitudes des ondes Ψ individuelles (définies quand on suppose connu pour chaque corpuscule le mouvement de l'autre corpuscule), on devra avoir

$$a_1(\vec{R}_i, \vec{r}_{12}, t) = a_2(\vec{R}_i, \vec{r}_{12}, t) \quad \text{pour} \quad i = 1, 2 \tag{3}$$

et l'on tire alors de la définition des potentiels quantiques et des formules (10) de la Note précédente

$$Q_{11}(\vec{R}_i, t) = Q_{22}(\vec{R}_i, t); \quad Q(\vec{R}_1, \vec{R}_2, \vec{r}_{12}, t) = Q_{11}(\vec{R}_1, t) + Q_{11}(\vec{R}_2, t) + Q_{12}(\vec{r}_{12}, t). \tag{4}$$

Ces formules, comme les formules (2), résultent d'ailleurs du fait que les deux singularités sont sans individualité et peuvent être échangées sans que rien ne soit modifié dans l'état ondulatoire.

Donc le potentiel quantique dans l'espace de configuration

$$Q(\vec{R}_1, \vec{R}_2, \vec{r}_{12}, t) = -\frac{h^2}{8\pi^2 m} \frac{(\Delta_1 + \Delta_2)\, a(\vec{R}_1, \vec{R}_2, \vec{r}_{12}, t)}{a(\vec{R}_1, \vec{R}_2, \vec{r}_{12}, t)} \tag{5}$$

doit être symétrique en $\vec{R}_1$ et $\vec{R}_2$.

Si $A(\vec{R}_1, \vec{R}_2, \vec{r}_{12}, t)$ est l'amplitude d'une solution quelconque (non symétrique) de l'équation de propagation des ondes Ψ dans l'espace de configuration, on devra former une combinaison linéaire de la forme

$$a(\vec{R}_1, \vec{R}_2, \vec{r}_{12}, t) = C A(\vec{R}_1, \vec{R}_2, \vec{r}_{12}, t) + D A(\vec{R}_2, \vec{R}_1, \vec{r}_{12}, t) \tag{6}$$

où C et D sont des constantes complexes, telle que la quantité (où $\Delta = \Delta_1 + \Delta_2$)

$$\frac{C \Delta A(\vec{R}_1, \vec{R}_2, \vec{r}_{12}, t) + D \Delta A(\vec{R}_2, \vec{R}_1, \vec{r}_{12}, t)}{C A(\vec{R}_1, \vec{R}_2, \vec{r}_{12}, t) + D A(\vec{R}_2, \vec{R}_1, \vec{r}_{12}, t)} \sim Q$$

soit insensible à la permutation de $\vec{R}_1$ et de $\vec{R}_2$, c'est-à-dire à l'échange des positions des deux singularités. En écrivant explicitement cette condition, on trouve aisément $C^2 = D^2$, c'est-à-dire $|C| = |D|$ et $2 \arg C = 2 \arg D + 2n\pi$, d'où

$$C = |C|\, e^{i\alpha}, \qquad D = \pm |C|\, e^{i\alpha} = \pm C. \tag{7}$$

Ces formules expriment qu'on ne doit admettre pour l'onde Ψ dans l'espace de configuration que les formes symétriques ou les formes antisymétriques, conformément au résultat classique de la Mécanique ondulatoire des systèmes formés de particules de même nature. Mais ici, en accord avec l'idée que nous avions développée dans une Note atérieure (¹), ce résultat apparaît comme

(¹) *Comptes rendus*, **234**, 1952, p. 265.

découlant du fait que les ondes *u* de corpuscules de même nature, quand elles empiètent dans l'espace, doivent se fondre en une onde unique comportant plusieurs singularités dont les rôles sont interchangeables parce que des singularités appartenant à une même onde ne possèdent pas d'individualité.

CHIMIE ORGANIQUE. — *Sur l'acide homoterpénylique.*

Note (*) de MM. **Marcel Delépine** et **Marius Badoche.**

On obtient de l'acide homoterpénylique dextrogyre en oxydant la *d*-nopinone tirée de l'acide *l*-nopinique issu du *l*-nopinène (*l*-pinène β). Ce résultat, confronté avec la formation du même acide par oxydation du *d*-méthoéthylheptanonolide issu du *d*-pinène α, permet quelques déductions sur le mode d'oxydation de la nopinone et sur l'obtention d'antipodes à partir d'une seule substance initiale.

Dans une précédente Note ([1]) nous avons décrit l'obtention de l'acide *d*-homoterpénylique par oxydation du *d*-méthoéthylheptanonolide issu de l'acide *d*-pinonique, résultant lui-même de l'oxydation du *d*-pinène α. Cet acide, obtenu pour la première fois sous forme active, possède un pouvoir rotatoire relativement élevé, $[\alpha]_D + 60°,5$ (dans l'acétone).

Il était indiqué de rechercher si quelque autre origine permettrait également de l'obtenir actif et de vérifier si nous l'avions eu proche de la pureté.

Parmi les substances signalées comme génératrices de cet acide se trouve la nopinone. Von Baeyer ([2]), dès 1896, a montré que la nopinone de l'essence de térébenthine conduit nettement à l'acide homoterpénylique, mais bien qu'il fût parti d'une substance active, il s'est contenté d'en donner le point de fusion, soit 102°, sans noter le pouvoir rotatoire. Nous rappelons qu'une nopinone dextrogyre s'obtient par oxydation de l'acide nopinique lévogyre résultant lui-même de celle du *l*-nopinène ou *l*-pinène β.

Nous sommes partis de 2 g d'une nopinone dextrogyre $\rho_D = 18°,5$ sous 1 dm, sans solvant. Attaquée suivant la technique même de Von Baeyer, sans modification spéciale, elle nous a fourni, par rapport à la théorie, un rendement de 50 % en un acide bien cristallisé, fusible à 102° (fusion instantanée), ayant un pouvoir rotatoire $[\alpha]_D + 58°,5$ (acétone, $C = 0,04$), si voisin de 60°,5 que nous n'avons pas été plus loin, nous contentant de vérifier que mélangé à l'acide issu du *d*-méthoéthylheptanonolide il n'en changeait pas le point de fusion. Les deux acides sont identiques.

En réalité, nous pensions obtenir l'acide *l*-homoterpénylique puisque le nopinène lévogyre est de la série du pinène lévogyre; ce résultat inattendu va nous conduire à des déductions intéressantes sur le processus des réactions.

(*) Séance du 1er décembre 1952.

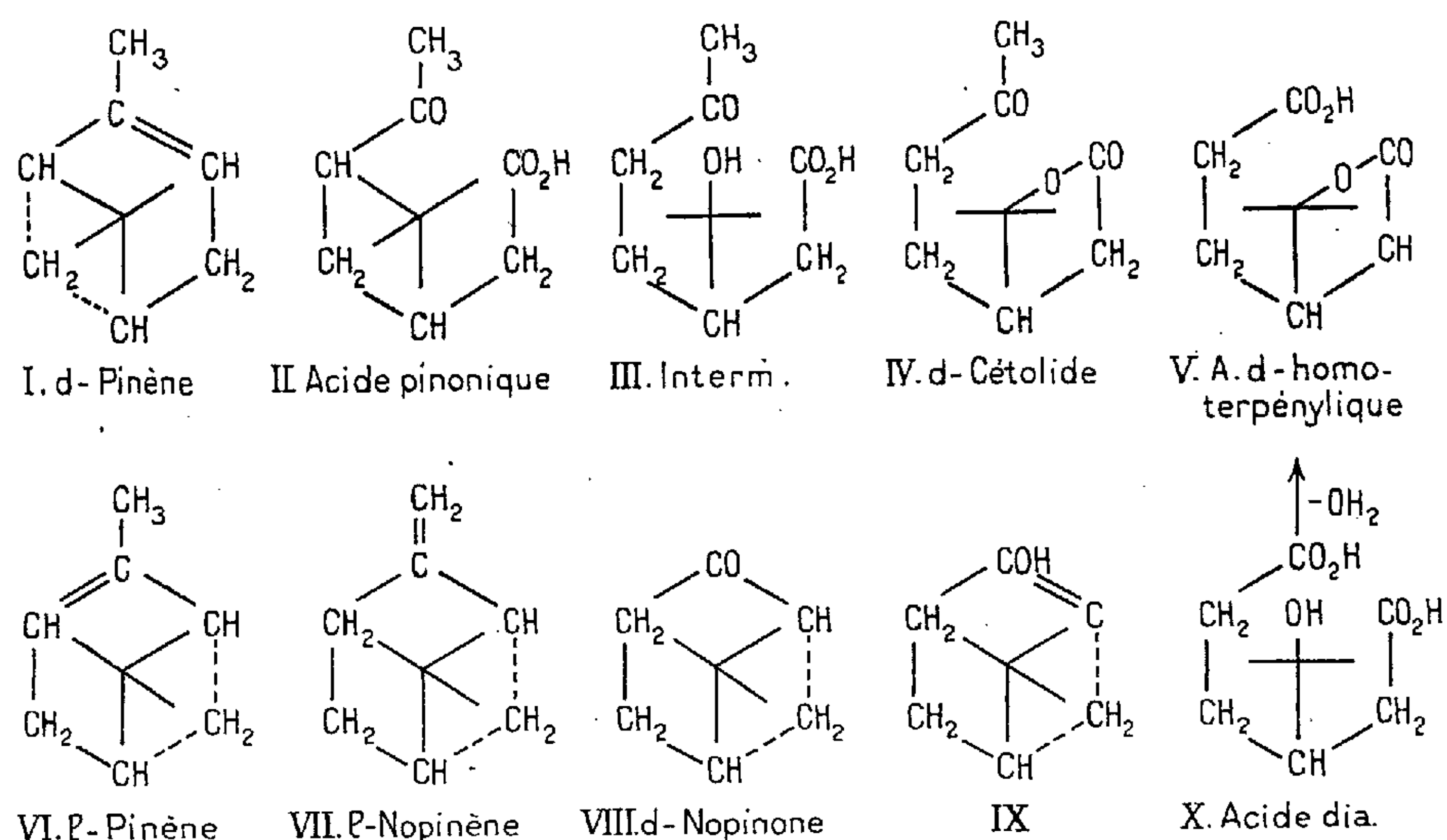
([1]) M. Delépine et M. Badoche, *Comptes rendus*, 235, 1952, p. 1069.

([2]) *Ber. d. chem. Gesells.*, 29, 1896, p. 1923.

Convenons d'écrire le *d*-pinène selon le schéma (I) dans lequel, comme dans tous ceux où subsiste le noyau tétraméthylénique, il est entendu que si le chaînon $CH_3—C=CH—CH_2$ est dans le plan du papier, le $C(CH_3)_2$ marqué ⊹ ou ⊤ est au-dessus, le CH_2, en arrière (en pointillé), les CH étant des charnières d'où émergent trois chaînons inclinés aux environs de 120° l'un sur l'autre.

Le *l*-pinène aura la configuration antipode (VI). D'autre part, le *l*-nopinène du fait des réactions avec les acides qui conduisent aux mêmes produits que le *l*-pinène, possédera la configuration (VII) qui conserve la situation du noyau tétraméthylénique de (VI).

Le passage du *d*-pinène (I) à l'acide *d*-homoterpénylique (V) se suit aisément. L'oxydation donne l'acide pinonique (II); celui-ci, par ouverture de son cycle tétraméthylénique (sous l'influence de SO_4H_2), conduit à l'acide intermédiaire (III), dont la lactonisation fournit le *d*-méthoéthylheptanonolide (IV) (appelé *d*-cétolide). Puis, l'oxydation dont il a été fait état dans la Note antérieure donne enfin l'acide *d*-homoterpénylique (V).



I. d-Pinène — II. Acide pinonique — III. Interm. — IV. d-Cétolide — V. A. d-homoterpénylique

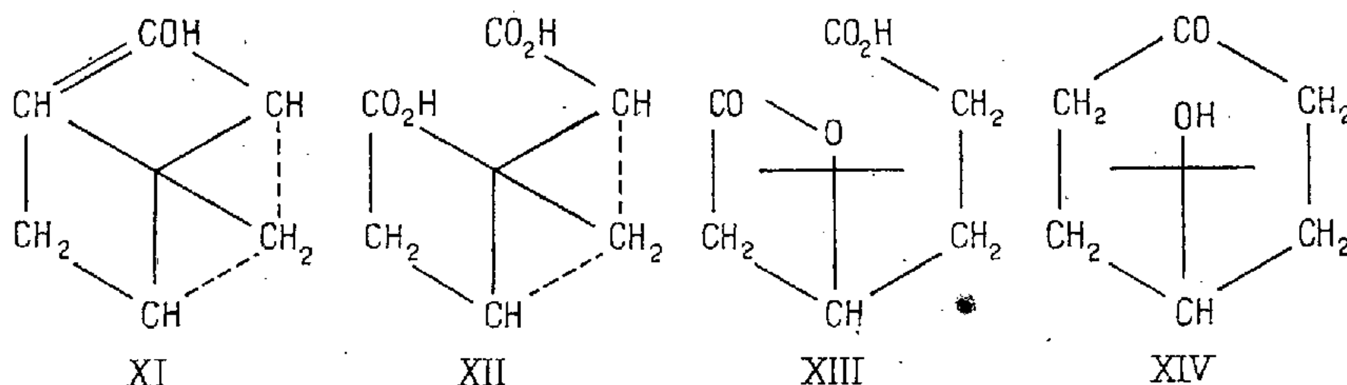
VI. l-Pinène — VII. l-Nopinène — VIII. d-Nopinone — IX — X. Acide dia.

Pour que la nopinone (VIII) conduise au même acide, il faut que la coupure ait lieu entre le CO et le C tétraméthylénique, ce qu'une formule à structure énolique (IX) permet d'entrevoir.

Cela prouve que l'énolisation de la nopinone n'a pas lieu à gauche comme dans le schéma (XI) car son oxydation suivie d'hydratation, puis de lactonisation donnerait successivement (XII et XIII), c'est-à-dire l'acide *l*-homoterpénylique (XIII), antipode de celui que l'on a réellement obtenu.

Il faut, en outre, admettre que la transformation de la nopinone ne commence pas par l'ouverture du noyau tétraméthylénique, puisque cela conduirait au

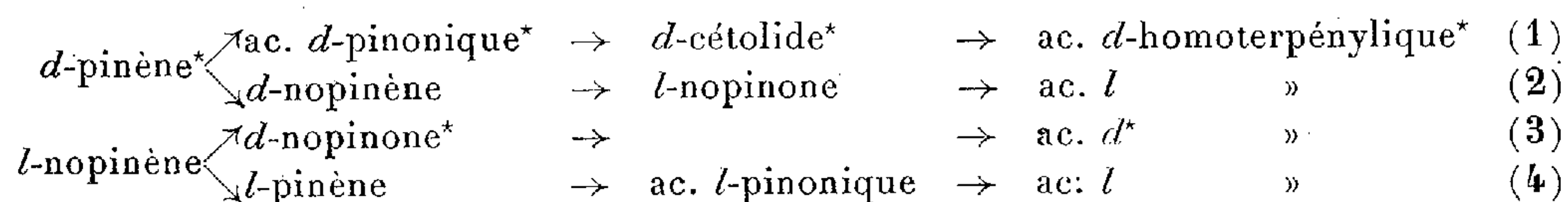
composé (XIV) à structure symétrique, dont la transformation ultérieure ne saurait aboutir à un acide actif. Il est donc nécessaire de se rallier au schéma (IX) : oxydation de la double liaison imaginée et ce, sans rupture préalable du cycle tétraméthylénique.



XI XII XIII XIV

Une autre conséquence encore. L'un de nous ([3]) a démontré, dès 1924, que le *l*-nopinène au cours de l'action des acides organiques se transformait en partie en *l*-pinène; dès lors, puisque le *d*-pinène aboutit à l'acide *d*-homoterpénylique (I) à (V), le *l*-pinène donnera l'antipode. Le *l*-nopinène engendrera donc, à volonté, les deux antipodes de cet acide suivant le chemin suivi pour les transformations. C'est un exemple de plus sur la difficulté de rattacher une substance active à un chef de file unique. Enfin, Dupont et Zacharewicz ([4]) ont obtenu les nopinènes droit ou gauche à partir des pinènes de même signe; il en découle encore un mode d'obtention des deux acides homoterpényliques antipodes dérivant d'un même pinène.

Les transformations que nous rapportons peuvent se résumer ainsi :



d-pinène*	↗ac. *d*-pinonique*	→	*d*-cétolide*	→	ac. *d*-homoterpénylique*		(1)
	↘*d*-nopinène	→	*l*-nopinone	→	ac. *l*	»	(2)
l-nopinène	↗*d*-nopinone*	→		→	ac. *d**	»	(3)
	↘*l*-pinène	→	ac. *l*-pinonique	→	ac. *l*	»	(4)

A volonté, du *d*-pinène fournira l'un ou l'autre des acides, le *d* par le chemin 1, le *l* par le chemin 2, si on le change préalablement en *d*-nopinène, d'après les expériences de Dupont et Zacharewicz; le *l*-pinène donnerait naturellement les antipodes. Si l'on prend le *l*-nopinène comme point de départ, puisque celui-ci est transformable en *l*-pinène générateur d'acide *l* (chemin 4) et que le *l*-nopinène (chemin 3) donne de l'acide *d*, on aura ici encore les deux acides antipodes. Les astérisques indiquent les expériences relatées au cours de nos recherches.

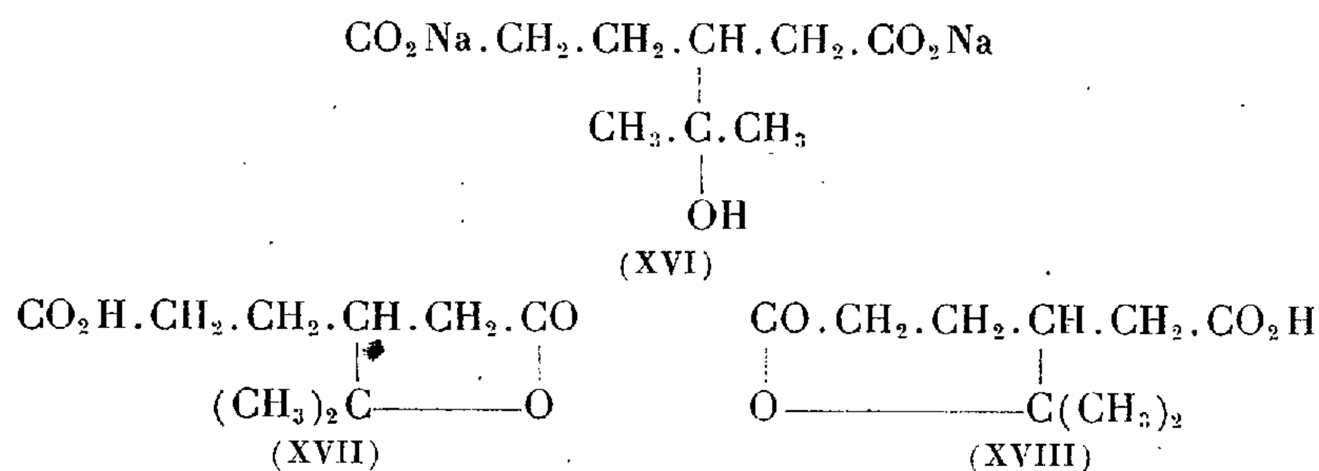
Ajoutons enfin que si l'on transforme l'acide homoterpénylique en diahomo-

---

([3]) M. Delépine, *Comptes rendus*, 178, 1924, p. 2087; 179, 1924, p. 175; *Bull. Soc. Chim.*, 4e série, 35, 1924, p. 1463; 39, 1926, p. 1679. M. Delépine et A. Adida, *Ibid.*, 39, 1926, p. 782. G. Austerweil (*Ibid.*, 39, 1926, p. 1639) a indiqué des conditions favorables à cette transformation.

([4]) *Comptes rendus*, 200, 1935, p. 759.

terpénylate disodique (XVI) par ouverture de la fonction olide, puis qu'on acidifie la solution par ClH jusqu'au virage du rouge Congo, et récupère l'acide organique par concentration convenable, ce n'est pas le diacide qui est obtenu, mais un monoacide olide identique au point de départ.



Autrement dit, des deux acides olides possibles (XVII) et (XVIII), c'est celui (XVII) dans lequel la fonction olide est en γ ou 1.4 qui se forme exclusivement.

CHIMIE BIOLOGIQUE. — *Nouvelles recherches sur la teneur en manganèse des Phanérogames.* Note de MM. **Gabriel Bertrand** et **Lazare Silberstein**.

Nous avons donné les raisons qui nous ont conduits à entreprendre le dosage du manganèse dans un nombre important de plantes entières. Les premiers résultats que nous avons obtenus en opérant sur 150 espèces de Phanérogames [1] ont justifié ces raisons et nous ont engagés à poursuivre l'enquête commencée. Actuellement, nous avons pu récolter et préparer dans de bonnes conditions, puis analyser 420 échantillons provenant de 389 espèces de Phanérogames.

La différence entre le nombre des échantillons et celui des espèces tient soit à ce que certaines plantes étant dioïques, leur analyse a porté séparément sur des individus mâles et des individus femelles et que l'on a pris pour l'espèce la moyenne des résultats obtenus (cas du Compagnon blanc, de la Bryone, de la Mercuriale vivace et de la Grande Ortie), ou bien à ce que la partie aérienne de telle ou telle plante biannuelle étant formée des tiges de l'année portées par des branches de l'année précédente, on a calculé la moyenne proportionnelle des chiffres résultants de l'analyse des unes et des autres (cas de *Satureia montana* et de *Epilobium rosmarinifolium*). Ou bien encore, et ce cas est le plus fréquent, il s'agit de la moyenne des teneurs trouvées en analysant deux échantillons d'une même espèce différant par l'année ou le lieu de la récolte.

Cet ensemble de recherches nous permet de considérer comme très voisines de la vérité, du moins pour la France et les régions limitrophes de l'Angleterre, de l'Italie et de la Suisse, les observations suivantes.

---

(1) *Comptes rendus,* 232, 1951, p. 2386.

Tout d'abord, le manganèse est dosable dans toutes les espèces, par la méthode que nous avons utilisée, en opérant sur un gramme au plus de plante sèche.

Les teneurs en métal trouvées varient largement d'une espèce à l'autre : d'environ 10 mg/kg (Orobanche, Aconit tue-loup, Herbe au chat, etc.) à plus de 500 mg et même d'un gramme.

Si l'on inscrit ces teneurs par ordre de grandeur croissante, on peut reconnaître que les plus faibles, jusqu'à 20 mg, sont peu fréquentes (environ 8 %) et que celles dépassant 200 mg le sont encore moins (environ 6,5 %).

Ce sont les espèces contenant entre 20 et 50 mg de métal par kilogramme sec qui existent dans la plus grande proportion (près d'une espèce sur deux). Celles dont la teneur s'élève de 50 à 100 mg ne sont déjà plus que de 20 %. Les teneurs en manganèse que l'on rencontre le plus souvent sont voisines de 20 ($\pm$ 5) mg/kg de matière sèche.

Si l'on considère à présent la teneur en manganèse non plus simplement par rapport aux espèces, quel que soit l'ordre dans lequel on les rencontre au fur et à mesure des récoltes ou des analyses, mais en faisant intervenir la place que ces espèces occupent dans une classification naturelle, basée sur la forme extérieure et l'anatomie des organes, voire sur leur physiologie, on observe l'existence d'une certaine relation entre la teneur moyenne en métal et les groupes plus ou moins importants auxquels les plantes appartiennent.

Nous avons trouvé, pour les familles particulièrement nombreuses ou intéressantes au point de vue économique par certaines de leurs espèces, les nombres suivants :

	Nombre d'espèces analysées.	Manganèse par espèce (mg/kg mat. sèche).
Dicotylédones.		
Renonculacées	23	103,5
Crucifères	26	43,8
Caryophyllées	21	110,4
Légumineuses	25	76,7
Rosacées	13	130,4
Ombellifères	14	64,3
Composées	34	62,3
Boraginées	10	67,9
Solanées	11	65,0
Scrofulariées	12	470,6
Labiées	26	65,0
Salsolacées	11	39,1
Polygonées	11	65,0
Autres familles Dicotylédones	81	109,1
Teneur moyenne en Mn par espèce : 97,7 mg.		
Monocotylédones.		
Graminées	35	77,5
Autres familles de Monocotylédones	36	126,5
Teneur moyenne en Mn par espèce : 98,6 mg.		

Il résulte de ce tableau que des familles entières de plantes, spécialement les Crucifères et les Salsolacées parmi les Dicotylédones, les Graminées parmi les Monocotylédones, sont formées d'espèces contenant le plus souvent des proportions de manganèse très inférieures à la moyenne de celles que l'on rencontre dans les embranchements auxquels elles appartiennent (²).

MÉCANIQUE. — *De la valeur du coefficient de Poisson dans les phénomènes élasto-plastiques.* Note de M. **Gustavo Colonnetti**.

Une objection récemment soulevée par M. Nabarro (¹) à propos de mes Notes « Sur l'équilibre élasto-plastique dans le temps » (²) met en cause la valeur qu'il convient d'attribuer au coefficient de Poisson.

Or, avant de prendre position à ce sujet, il faut bien s'entendre sur les buts et les limites du problème.

Les déformations plastiques commencent à se manifester dans les corps naturels dès que, sous l'action des forces extérieures, la limite élastique vient d'être atteinte.

Cela arrive d'ordinaire autour de certains points ou dans quelque région limitée du corps, où se vérifie une concentration de tensions intérieures.

Par l'intervention des déformations plastiques, des limites se posent à tout accroissement ultérieur de la contrainte locale, et les tensions intérieures tendent à se déplacer vers d'autres régions du corps initialement moins chargées.

Si les forces extérieures continuent de s'accroître, les régions du corps où se produisent des déformations plastiques s'élargissent et se multiplient jusqu'à ce que le corps tout entier soit passé à l'état plastique.

Cet état n'a plus aucun rapport avec l'état d'équilibre élastique initial. Les déformations peuvent s'accroître indéfiniment; par rapport à elles, les déformations élastiques peuvent devenir négligeables.

On croit généralement que dans cet état les déformations se produisent

---

(²) Cette Note est extraite d'un Mémoire qui paraîtra prochainement, où se trouveront d'autres détails et le tableau complet des résultats analytiques.

(¹) *Applied Mechanics Reviews*, April 1952.

(²) *Comptes rendus*, 233, 1951, p. 593, 644, 677, 717.

L'objection est née de l'interprétation que l'on a pu donner aux mots *proportionnelles aux tensions initiales* que, à propos des variations des déformations plastiques, j'ai employés, dans la Note parue dans ces *Comptes rendus* à la pagé 646, lignes 6 et 7.

A la rigueur, j'aurais dû écrire que les variations des déformations plastiques étaient des *fonctions linéaires et homogènes des tensions initiales*.

Après quoi, ma démonstration n'aurait pu donner lieu à d'autres réserves, à l'exception de celle dont il est question dans la présente Note.

à volume constant (ou presque constant); au coefficient de Poisson on devrait donc attribuer la valeur limite 0,50 ([3]).

La valeur du coefficient reste au contraire très douteuse dans la première phase du phénomène; phase à laquelle se rapportent mes recherches, et à laquelle il faudra toujours se rapporter si l'on veut envisager le problème pratique des constructions où les déformations plastiques sont admises seulement si elles sont localisées et si elles se maintiennent dans l'ordre de grandeur des déformations élastiques.

Il paraît en effet assez peu probable que le passage de la matière de l'état élastique à l'état plastique se réalise d'un seul coup et soit caractérisé par un changement brusque des valeurs des constantes physiques.

Nous parlons toujours de « limite élastique » en l'identifiant avec la valeur au delà de laquelle nos instruments nous révèlent les premières déformations permanentes. Mais nous savons tous que cette valeur dépend de la précision des instruments de mesure, et qu'à chaque accroissement de la sensibilité de ces instruments correspond un abaissement des valeurs de la limite élastique.

Si l'on pouvait disposer d'instruments infiniment sensibles, nous serions vraisemblablement conduits à attribuer à la plupart des matériaux des limites élastiques infiniment petites, et des valeurs des constantes physiques variant avec continuité.

Il est donc raisonnable d'admettre que même le coefficient de Poisson ne passe pas d'un seul coup de la valeur relative aux phénomènes parfaitement élastiques à celle qui caractérise une parfaite plasticité. Il est raisonnable d'admettre que, tant que les déformations plastiques se maintiennent très petites, la valeur du coefficient de Poisson ne diffère pas sensiblement de celle relative aux déformations élastiques.

Il faut d'ailleurs tenir aussi compte du fait que, même dans les limites de l'élasticité soit-disant parfaite, le coefficient de Poisson n'a pas toujours cette valeur constante que Navier et Cauchy avaient cru pouvoir lui attribuer.

Si l'on accepte les résultats des expériences faites par un savant de l'autorité de Schaefer, on peut partir de valeurs très petites telles que 0,06 ou 0,08 pour certaines pierres, passer par des valeurs comprises entre 0,25 et 0,33 pour les métaux comme le cuivre, le fer et les différents types d'acier, et atteindre des valeurs telles que 0,36 pour l'aluminium, 0,43 pour le plomb, et 0,49 pour certains alliages tels que celui de Wood.

Dans cette incertitude et variabilité de valeurs, je ne vois absolument

---

([3]) La chose n'est même pas sûre. Sur des échantillons de duraluminium dont les déformations avaient été poussées au delà de 3 %, K. H. Swainger a obtenu pour le coefficient de Poisson des valeurs sensiblement constantes et très proches de 0,37 (*Nature*, **3**, **8**, 1946).

pas quel intérêt il y aurait à introduire dans nos calculs toutes les complications inhérentes à une différentiation des valeurs du coefficient dans les cas où coexistent des déformations élastiques et des déformations plastiques du même ordre de grandeur.

Ici, l'hypothèse de l'invariance du coefficient de Poisson, à laquelle je me suis constamment rapporté dans mes travaux sur l'équilibre élasto-plastique, est, à mon avis, tout aussi justifiée que les autres hypothèses, caractéristiques de la théorie classique de l'élasticité, et dont personne ne songe à contester la légitimité.

Bien entendu, la théorie qui en découle ne pourra être acceptée que comme une « théorie limite ». Mais il ne faut pas oublier que, dans le cas de l'équilibre élasto-plastique comme dans le cas de l'équilibre élastique, ce caractère de « théorie limite » est acquis, une fois pour toutes et indépendamment de toute autre considération, dès qu'on introduit l'hypothèse de la petitesse des déformations.

HISTOPATHOLOGIE EXPÉRIMENTALE. — *Effets du fluorure de calcium naturel (spath fluor) et synthétique sur les tissus conjonctifs et lymphoïdes.* Note de MM. **Albert Policard** et **André Collet.**

Le fluorure de calcium, soit naturel (spath fluor), soit synthétique, possède des propriétés fibrosantes comparables à celles du quartz. Son action sur le tissu lymphoïde des ganglions est par contre plus réduite.

L'observation clinique a montré la fréquence et la gravité des pneumoconioses dans les mines de spath fluor (¹) où les mineurs sont exposés à un mélange de poussières de silice et de spath. Pour préciser le rôle respectif de ces deux minéraux dans le développement des lésions, nous avons été amenés à étudier expérimentalement l'action des poussières de spath fluor mélangées ou non avec de la silice.

La technique suivie a été celle de Miller et Sayers (²) appliquée chez le Rat à des particules soigneusement calibrées au-dessous de 2 μ. Les roches examinées avaient été préalablement analysées, chimiquement (analyse chimique proprement dite, analyse thermique différentielle et analyse spectrographique quantitative) et minéralogiquement (diffraction X), au point de vue de leur teneur en quartz.

Divers échantillons ont donné les résultats suivants :

(¹) H. Pailiard, G. Petit et J. Champeix, *Société des Sciences médicales de Clermont-Ferrand*, 24 juin 1948; F. Luton et J. Champeix, *Arch. Mal. Profess.*, **12**, 1951, p. 505; A. Farjot, E. Balgairies et E. Quinot, *Rev. med. minière*, nᵒˢ **13-14**, 1951, p. 37; K. Nicol, *Die Staublunge der Flusspatharbeiter*, Fischer, Iéna, 1933.

(²) *Public Health Reports*, **49**, 1934, p. 80.

1. *Spath fluor naturel d'une mine d'Auvergne, pauvre en quartz* (moins de 1 %). — Dès le 15[e] jour, au niveau de l'épiploon, forte réaction cellulaire et sclérose très accentuée. Après un et deux mois, la réaction fibreuse est plus accentuée qu'avec le quartz seul, dans les mêmes conditions expérimentales. Par contre, les altérations des ganglions lymphatiques médiastinaux et abdominaux sont beaucoup plus faibles qu'avec le quartz (pas de plages confluentes de cellules momifiées). La contradiction entre l'intensité des lésions épiploïques et ganglionnaires est frappante.

2. *Spath fluor naturel en cristaux cubiques typiques et triés* (quartz, moins de 0,5 %). — Résultats superposables aux précédents, dans les mêmes délais.

3. *Spath fluor naturel de la même mine, mais renfermant de* 6 *à* 50 % *de quartz.* — L'épiploon montre des granulations hyalines sensiblement du même type qu'avec les échantillons pauvres en quartz, mais plus nombreuses. Les ganglions sont plus gros et, après huit mois, présentent les grandes plages cellulaires claires caractéristiques du quartz.

4. *Fluorure de calcium synthétique préparé par action de* HF *sur* CO_3Ca *et purifié par électrodialyse* (moins de 0,35 de Si élément par spectrographie quantitative). — La réaction épiploïque miliaire est aussi intense qu'avec le spath fluor naturel dépourvu de quartz d'accompagnement. Par contre, les ganglions, bien qu'hypertrophiés, ne montrent que de très faibles lésions prolifératives cellulaires.

5. *Fluorure de calcium synthétique additionné de* 1 % *et de* 10 % *de quartz cristallisé pur.* — Des témoins recevant 1 mg de quartz seul, montrent après un et deux mois seulement de rares granulations miliaires et de rares plages prolifératives ganglionnaires; avec 10 mg, on observe dans les mêmes délais des lésions miliaires et des plaques ganglionnaires nettes, mais encore peu de fibrose. Ces mêmes quantités de quartz additionnées de fluorure de calcium provoquent en un et deux mois l'apparition : *a.* avec 1 mg de quartz, des mêmes lésions que le fluorure seul, *b.* avec 10 mg, une superposition des altérations tissulaires du quartz et du fluorure.

Conclusions. — Des échantillons de spath fluor naturel ou de fluorure de calcium synthétique ne renfermant pas ou renfermant seulement des traces de quartz (moins de 1 %) provoquent après un et deux mois, au niveau de l'épiploon, des lésions fibreuses intenses comparables à celles produites par le quartz. Par contre, à la différence de celui-ci, les réactions ganglionnaires sont réduites et non fibreuses même après deux mois. Le fluorure de calcium naturel ou synthétique paraît donc posséder des capacités fibrosantes accentuées au moins égales à celles du quartz. Le mécanisme de cette action reste à déterminer.

M. **Émile Borel**, en sa qualité de Président du Comité National Français de Mathématiques, fait hommage à l'Académie de la première Partie des Œuvres d'Élie Cartan. Cette première Partie, consacrée à la Notice sur les travaux scientifiques et aux Notes et Mémoires se rattachant à la Théorie des Groupes de Lie, comprend deux volumes d'environ 1400 pages. Les deux autres Parties se rapporteront respectivement, la seconde à l'Algèbre, systèmes différentiels et problèmes d'équivalence, et la troisième à la Géométrie différentielle et à divers autres objets.

Le Comité de publication remercie, dans une Note liminaire, tous ceux qui ont contribué à rendre possible cette publication; en nous associant à ces remerciements, nous ne devons pas oublier les Membres de ce Comité. Grâce à leur zèle, un instrument de travail, d'une qualité incomparable, a été mis à la disposition des mathématiciens dans un délai très bref, et tout permet d'espérer que la publication se continuera avec la même rapidité.

M. **Théodore Monod** fait hommage à l'Académie d'un Mémoire, en collaboration avec M. R. Schnell, intitulé : *Mélanges botaniques*, qui constitue le n° 18 des *Mémoires de l'Institut français d'Afrique Noire*.

M. **Gottlieb Fluckiger** adresse à l'Académie deux Notes parues dans les *Schweizer Archiv für Tierheilkunde* : 1° *Über die Bekämpfung der Rindertuberkulose in Europa und die Frage der Schutzimpfung*; 2° *Der Verlauf und die Bekämpfung der Maul-und Klauenseuche* 1951-1952 *in den europäischen Weststaaten*.

L'Ouvrage suivant est présenté par M. **Roger Heim** : Encyclopédie mycologique. XX. *Les Agaricales*. Tome II. *Russulacées, Hygrophoracées Gomphidiacées, Paxillacées, Bolétacées*, par P. Konrad et A. Maublanc.

CORRESPONDANCE.

Le Directeur du **Palais de la Découverte** adresse à l'Académie le Catalogue de l'Exposition *Léonard de Vinci, Homme de science*, 1452-1519.

M. le **Secrétaire perpétuel** signale, parmi les pièces imprimées de la Correspondance :

1° *Tablet Making*, by Arthur Little and K. A. Mitchell.

2° L. Aufrère. *De Thalès à Davis. Le relief et la sculpture de la Terre.* (*Auteurs,*

textes, doctrines, ambiances.) Tome IV. *La fin du XVIIIe siècle.* I. *Soulavie et son secret. Un conflit entre l'actualisme et le créationisme. Le temps géomorphologique.*

ALGÈBRE. — *Sur les groupes analytiques dans les modules filtrés.* Note de M. **Michel Lazard**, présentée par M. Arnaud Denjoy.

Les résultats suivants étendent la théorie de Dynkin (1) au cas où le corps de base est discret. Au moyen d'une axiomatisation convenable de l'analyticité des fonctions, on développe une théorie qui conduit, entre autres, à établir l'universalité de la formule de Campbell-Hausdorff (2), en même temps qu'on retrouve des résultats classiques de Lie, considérés du point de vue des séries formelles.

1. Soit L un espace vectoriel sur le corps Q des nombres rationnels; $\omega(x)$ est une filtration (3) à valeurs entières et $+\infty$, définie sur L et vérifiant : *a.* $\omega(x)=+\infty$ équivaut à $x=0$; *b.* $\omega(x-y)\geq \mathrm{Inf}(\omega(x), \omega(y))$; *c.* $\omega(\lambda x)\geq\omega(x)$ (où $x, y \in L$; $\lambda\in Q$). L est supposé complet pour la métrique $d(x, y)=2^{-\omega(x-y)}$.

Le lemme suivant est fréquemment utilisé : Si $x_k (0\leq k<\infty)$ est une suite d'éléments de L tendant vers 0 telle que pour tout entier positif n, $\Sigma_{0\leq k<\infty} n^k x_k=0$, on a $x_k=0$ pour tout k.

Les fonctions que nous allons considérer ont leurs arguments et leurs valeurs dans L. Une fonction $f(x)$ sera dite homogène de degré k en x si $f(nx)=n^k f(x)$ pour tout entier n (k entier ≥ 0). Une fonction de plusieurs arguments sera dite homogène si elle est homogène par rapport à chaque argument; son degré total sera la somme de ses degrés par rapport à chaque argument. Nous supposons donnée une certaine famille de fonctions, que nous appellerons *analytiques*, les axiomes suivants étant vérifiés : 1° les fonctions x, λx, $x+y$ des arguments x et y sont analytiques ($\lambda\in Q$); 2° si $f(x_1, \ldots, x_r)$ est une fonction analytique des arguments $x_1, \ldots, x_r$ et si $g_1, \ldots, g_r$ sont des fonctions analytiques des arguments $y_1, \ldots, y_s$, $f(g_1, \ldots, g_r)$ est une fonction analytique des arguments $y_1, \ldots, y_s$; 3° une fonction analytique homogène de degré 0 par rapport à un argument ne dépend pas de cet argument; 4° une fonction analytique $f(x_1, \ldots, x_p)$ homogène de degré total $k\geq 1$ vérifie : $\omega(f(x_1, \ldots, x_r))\geq(k-1)+\mathrm{Inf}_{1\leq i\leq r}(\omega(x_i))$; 5° toute fonction analytique est égale à la somme d'une série de fonctions analytiques homogènes, et toute série de fonctions analytiques homogènes, dont les degrés croissent indéfiniment, converge vers une fonction analytique (au sens de la convergence simple).

---

(1) *Usp. Mat. Nauk.* V, I, 35, 1950, p. 135-186.

(2) *Bericht. Sachs. Ges.*, 58, 1906, p. 19-48.

(3) *Cf.* J. Leray, *Journ. Mat. P. et Ap.*, 29, 1950, p. 2.

2. Un *groupe analytique* est un groupe G (noté multiplicativement) dont les éléments peuvent être identifiés à ceux de L, de telle sorte que $xy^{-1}=g(x, y)$ soit une fonction analytique. On démontre que si $xy=f(x, y)$ définit dans L une loi de composition analytique, associative, et admettant un élément neutre e qui est une fonction analytique constante, xy est une loi de groupe analytique. Posant $f'(x, y)=f(x+e, y+e)-e$, on se ramène au cas où $e=0$, ce qu'on suppose désormais. On définit x^n, pour tout entier $n=0$ par $x^0=0$, $x^{n+1}=x^n x$. Alors $x^n=\Sigma_{1\leq i<\infty} C_i(x, n)$, où $C(x, n)$ est une fonction analytique de degré i en x; et l'on démontre, par récurrence sur i, que $C_i(x, n)=\Sigma_{1\leq j\leq i} n^j B_{i,j}(x)$ ($B_{i,j}(x)$: fonction analytique de degré i).

Lemme. — *On suppose données pour tous les couples d'entiers i, j vérifiant $1\leq j\leq i<\infty$ des fonctions $H_{i,j}(x)$ telles que : a. $H_{i,j}(x)$ est analytique et homogène de degré i; b. si l'on pose $x^{(n)}=\Sigma_{1\leq j\leq i<\infty} n^j H_{i,j}(x)$, on a $x^{(1)}=x$ et $(x^{(m)})^{(n)}=x^{(mn)}$ pour tout couple d'entiers positifs m et n. Alors, posant $\text{Log}\,x=\Sigma_{1\leq i<\infty} H_{i,1}(x)$ et $\exp x=\Sigma_{1\leq i<\infty} H_{i,i}(x)$, on a $x=\text{Log}(\exp x)=\exp(\text{Log}\,x)$; $\text{Log}\,x^{(n)}=n\,\text{Log}\,x$; $(\exp x)^{(n)}=\exp(nx)$.*

Il en résulte qu'on peut, par un changement analytique de coordonnées, se ramener au cas de coordonnées canoniques (c'est-à-dire telles que $x^n=nx$), ce que nous supposerons désormais. Si $A_2(x, y)$ est la composante homogène de degré total 2 de $f(x, y)=xy$, on pose $[x, y]=2A_2(x, y)$, et l'on démontre que la nouvelle opération $[x, y]$ fait de L une algèbre de Lie sur Q. De plus, $x^{-1}yx=\Sigma_{0\leq k<\infty}[yx^k]/k!$ (où l'on a posé $[yx^0]=y$; $[yx^{k+1}]=[[yx^k], x]$).

Théorème. — *En coordonnées canoniques, la loi de groupe xy est entièrement déterminée par le crochet de Lie $[x, y]$, et l'on a, suivant la formule de Campbell-Hausdorff :*

$$xy=x+y+\frac{1}{2}[x, y]+\frac{1}{12}[xy^2]+\frac{1}{12}[yx^2]+\ldots.$$

On décompose $xy=x+y+A_2(x, y)+\ldots+A_k(x, y)+\ldots$ en ses composantes homogènes, et sans rien supposer connu de la formule de Hausdorff, on démontre l'existence d'une formule universelle où les $A_k(x, y)$ peuvent être identifiés à des éléments de l'algèbre de Lie libre sur Q engendrée par x et y. La démonstration procède par récurrence sur k et s'appuie sur l'identité $(xy)^2=x^2y^2y^{-1}(y^{-1}x^{-1}yx)y$. On montre alors que la formule de Campbell-Hausdorff est une spécialisation générique de la formule universelle.

3. Si Q est remplacé par un corps de caractéristique $p\neq 0$, les résultats précédents tombent en défaut. Sur un tel corps, il n'existe pas de formule universelle du type de Hausdorff.

Cependant, soit J_p l'anneau des nombres rationnels λ tels que $((p-1)!)^h\lambda$ soit entier pour un certain entier h. Nous modifierons les axiomes en supposant, toutes choses égales d'ailleurs, a. que L est un J_p-module unitaire; b. que

toute fonction analytique de degré total $\geq p$ est nulle. Alors les résultats précédents restent vrais la [formule de Campbell-Hausdorff n'est plus utilisée que jusqu'aux termes de degré $(p-1)$].

TOPOLOGIE ALGÉBRIQUE. — *Sur les anneaux spectraux de certaines classes d'applications. IV. Cohomologie des hypersurfaces algébriques.* — Note de M. **István Fáry**, présentée par M. Paul Montel.

L'étude de l'anneau spectral de l'application (1) que définit un polynome permet de déterminer les modules de cohomologie d'une hypersurface générique de l'espace affine complexe (théorèmes **2**, **3**) ([1]). La théorie de Lefschetz ([2]) utilise une induction sur la dimension de l'hypersurface que nous pouvons éviter en liant les classes de cohomologie directement aux invariants (4) (théorèmes **1**, **4**; corollaires **1**, **2**).

1. C_{n+1} désigne l'espace affine complexe à $n+1$ dimensions, lieu du point $x=(x_1, \ldots, x_{n+1})$ (x_j complexe, $n\geq 1$) ([1]). Soit P un polynome à $n+1$ variables à coefficients complexes de *degré* m ($m\geq 1$). P définit une application

$$P: \ C_{n+1} \to C, \tag{1}$$

qui fait correspondre à $x\in C_{n+1}$ la valeur complexe $\xi=P(x_1, \ldots, x_{n+1})$ dans le plan C des nombres complexes. L'image inverse d'un point $\xi\in C$ est une hypersurface algébrique F_ξ, définie par l'équation

$$F_\xi: \ P(x_1, \ldots, x_{n+1})=\xi. \tag{2}$$

Dans ce qui suit nous supposons que P a les propriétés suivantes : 1° P est irréductible; 2° le système d'équations

$$\frac{\partial P}{\partial x_1}=0, \quad \ldots, \quad \frac{\partial P}{\partial x_{n+1}}=0$$

a pour solutions $\mu=(m-1)^{n+1}$ points $c^1, \ldots, c^\mu$ de C_{n+1}; 3° si nous ordonnons P suivant les puissances des coordonnées de $x-c^j$ ($1\leq j\leq \mu$), ce développement commence par la constante $P(c^j)$ plus une forme quadratique non dégénérée; 4° $P(c^j)\neq P(c^k)$ ($j\neq k$).

2. $c^1, \ldots, c^\mu$ sont les points critiques, $\gamma_j=P(c^j)$, $j=1, \ldots, \mu$ sont les valeurs critiques de l'application (1) au sens des définitions (6)-(10) de la Note I ([1]). Les autres points et les autres valeurs sont ordinaires.

Soit Γ une courbe différentiable dans le plan C joignant les points ξ, η. Si Γ ne contient pas de valeur critique, elle détermine une homéomorphie

$$F_\xi \approx F_\eta. \tag{3}$$

([1]) Cette Note fait suite à : Note I des *Comptes rendus*, **235**, 1952, p. 686; Note II, *ibid.*, p. 780; Note III, *ibid.*, p. 1272.

([2]) *L'analysis situs et la géométrie algébrique*, Paris, 1924; *cf.* p. 89, théorèmes.

3. Pour étudier le faisceau $\mathcal{B}$ [*voir* Note I ([1]), n° 3] défini sur le plan C envisageons une valeur critique $\gamma = P(c)$ (c étant l'un des points $c^1, \ldots, c^\mu$). Si le nombre réel ρ est inférieur à $\min|\gamma_j - \gamma_k|$, le *voisinage fermé* V : $|P(x) - \gamma| \leqq \rho$ de F_γ est rétractile sur F_γ. En particulier $H(V) \to H(F_\gamma)$ est un isomorphisme.

Posons

$$(4) \quad \begin{cases} NH^p(\gamma) = \text{noyau de la section } H^p(V) \to H^p(F_\xi), \\ TH^p_\xi(\gamma) = \text{image de la section } H^p(V) \to H^p(F_\xi) \qquad (0 < |\xi - \gamma| \leqq \rho), \\ IH^p_\xi(\gamma) = H^p(F_\xi)/TH^p_\xi(\gamma). \end{cases}$$

Pour exprimer ces modules à l'aide des invariants du point critique c, envisageons une boule B centrée à c, de rayon suffisamment petit, et supposons $\xi \neq \gamma$, et $|\xi - \gamma|$ assez petit.

Lemme 1. — *Si* $p \geqq 2$, $NH^p(\gamma)$ *est isomorphe à l'image de l'homomorphisme cobord* $d : H^{p-1}(F_\xi \cap B) \to H^p(F_\xi - B)$.

Lemme 2. — $IH^p_\xi(\gamma)$ *est isomorphe à l'image de la section* $H^p(F_\xi) \to H^p(F_\xi \cap B)$ $(p \geqq 1)$.

4. D'après l'hypothèse 3° du n° 1, nous avons $H(F_\xi \cap B) = H(Q_n \cap B')$, où Q_n est la quadrique complexe $x_1^2 + \ldots + x_{n+1}^2 = 1$, et B′, la boule

$$|x_1|^2 + \ldots + |x_{n+1}|^2 \leqq 1 + \varepsilon \qquad (\varepsilon > 0).$$

Désignons par S^n la sphère constituée par les $x \in Q_n$ dont les coordonnées sont réelles, et posons $M_n = Q_n \cap B'$. Notons par I l'intervalle $0 \leqq t \leqq 1$.

Théorème 1. — *Il existe une rétraction* $r : M_n \times I \to M_n$, *telle que :* 1° $r(x, 0) = x$; 2° $r(x, 1) \in S^n$; 3° *si* $x \in S^n$, *alors* $r(x, t) = x$, *pour* $0 \leqq t \leqq 1$.

Corollaire 1. — $H^p(F_\xi \cap B) = H^p(S^n)$ $(\xi \neq \gamma)$.

Corollaire 2. — $NH^p(\gamma) = 0$ *pour* $p \neq n + 1$ *et* $IH^q_\xi(\gamma) = 0$ *pour* $q \neq n$. $NH^{n+1}(\gamma)$ *est un quotient et* $IH^n_\xi(\gamma)$ *est un sous-module de* A (A *est l'anneau de coefficients*).

5. L'anneau spectral de P se réduit aux termes E_1, E_2, E_3 dont l'étude donne les résultats suivants :

Théorème 2. — *Soit* F_ξ *une hypersurface définie par l'équation* (2), *où* P *est un polynome jouissant des propriétés* 1°-4°, *et* $\xi \neq \gamma_j$. *Si* $p \neq n$, $p \neq 2n$, *on a* $H^p(F_\xi, A) = 0$, *pour chaque anneau de coefficients* A. $H^{2n}(F_\xi, A) = A$ ([2]).

Théorème 3. — F_ξ *désigne la même hypersurface que ci-dessus.* $H^n(F_\xi, A)$ *est un* A-*module libre ayant une base à* $\mu = (m-1)^{n+1}$ *éléments où m est le degré de l'hypersurface et n sa dimension complexe. En particulier, si* Z *désigne l'anneau des entiers,* $H^n(F_\xi, Z)$ *n'a pas de torsion et a pour nombre de Betti* μ ([3]).

([3]) F_ξ étant une variété orientable, le module de cohomologie à supports compacts $H^p(F_\xi, A)$ est isomorphe au module d'homologie ordinaire $H_{2n-p}(F_\xi, A)$. Par conséquent

THÉORÈME 4. — *Choisissons ξ tel que les segments $\xi\gamma_j$ ne soient pas collinéaires. F_ξ possède une base $b_1, \ldots, b_\mu$ de cocycles de degré n telle que, si η tend vers γ_j sur le segment $\xi\gamma_j$, l'homéomorphie* (3) *associée à ce segment transforme b_j en un cocycle dont le support converge vers le point critique c_j.*

Nous avons déterminé $H^p(F_\xi, A)$ pour $\xi = \gamma_j$ également; ces modules peuvent avoir de la torsion.

6. *Origine de cette Note.* — Au début de cette année, j'avais obtenu des résultats dans la direction de ceux qui sont exposés dans mes Notes II, III, V (1). M. Leray me conseilla alors d'étudier la théorie de M. Lefschetz (2) et le travail de M. Petrowsky (4) à l'aide de la même méthode; il me signala de plus le rôle fondamental de $H(F_\xi \cap B)$ (*cf.* n° **3**). En travaillant sur cette question j'ai pu améliorer en même temps mes anciens résultats et unifier leur présentation.

CALCUL NUMÉRIQUE. — *La sommation des séries asymptotiques de seconde espèce.* Note de M. **Pierre Vernotte**, présentée par M. Joseph Pérès.

La sommation des séries asymptotiques, si elles sont de seconde espèce, c'est-à-dire à termes positifs, est beaucoup plus difficile que si elles sont alternées. Là encore des théories particulières ont été données. Prenant comme exemple la progression géométrique, on comprend très bien, dans les cas les plus simples, la différence qui existe entre les deux espèces : si la progression est alternée de raison $-x$ $(x > 1)$, le reste est la fraction $1/(1+x) < 1$ du premier terme négligé, tandis qu'avec la progression de raison positive x de peu supérieure à 1, ce terme serait multiplié par le nombre négatif de valeur absolue très grande $1/(x-1)$. La considération des *séries définissables* permet de formuler quelques résultats généraux sur ce problème très complexe. La série de ce terme général u_n, de signe quelconque, étant donnée, nous lui attachons une fonction y_n d'argument n entier $\geqq 0$ formée par la sommation d'ordre n des $(-1)^n u_n$; la somme de la série est l'extrapolée y_{-1} calculée par *interpolation idéale*, c'est-à-dire interpolation conservée par les transformations effectuées sur les y.

Supposons la série u_n, à termes positifs, extrêmement divergente. Dans ces conditions les sommées successives y_n sont alternées. Multiplions-les par $(-1)^n$, ce qui conduit à des Y_n tous positifs; y_{-1}, lui, est multiplié par (-1), de sorte

---

le $0^{\text{ième}}$ nombre de Betti de F_ξ est 1, le $n^{\text{ième}}$ est μ, et les autres sont 0; il n'y a pas de torsion.

Si X est une hypersurface algébrique dans l'espace projectif complexe P_{n+1}, P_n un hyperplan de P_{n+1}, et $F_\xi = X - P_n$, les cycles de F_ξ sont, suivant la terminologie de Petrowsky (4), les *cycles finis* de X. On peut démontrer que le sous-module des classes des cycles finis est indépendant du choix de P_n (*cf.* théorème 4 ci-dessus).

(4) *Recueil Mathématique* (Moscou), **17** (59), 1945, p. 289; *cf.* p. 320, 340-344.

que c'est $-Y_{-1}$ qui sera la somme s de la série à termes positifs donnée. Pour accroître la régularité, en général compromise par la sommation des quantités alternées $(-1)^n u_n$, ne retenons que les ordonnées Y de rang impair (ce dont nous avons montré la légitimité dans des cas extrêmement étendus) en posant $Y_{2n+1} = Z_n$. On voit que Y_{-1} est égal à Z_{-1}, c'est-à-dire que la série correspondant aux Z a pour somme Y_{-1}, soit $-s$.

Or la série liée aux Z est une série alternée, *cohérente* si la série u_n est cohérente, de termes très rapidement croissants, le premier terme, positif, étant égal à $u_1 - u_0$. Pratiquement la régularité est suffisante pour que la somme de cette série soit une fraction de son premier terme; Z_{-1} sera donc positif, et la somme s sera négative, et de valeur absolue inférieure à u_1; et ainsi s'explique ce résultat très ordinaire que la somme d'une série à termes positifs, cohérente, et à termes croissant rapidement dès le début, soit *négative*.

Soit maintenant une série asymptotique de seconde espèce, donc à termes ne croissant indéfiniment qu'après avoir décru jusqu'à un minimum. Si cette série est quelconque, les termes décroissants ne permettent pas de rien dire sur sa somme. Par exemple, les termes du développement classique de $[\log 1/(x-1)]/x$, pour $x = 1,2$, décroissent de 1 à 0,4147, valeur atteinte pour les rangs 5 et 6 et croissent ensuite indéfiniment avec une certaine lenteur. La série a pour somme 1,3412, alors que la somme des cinq premiers termes vaut 2,9267.

Mais supposons que les termes décroissent d'abord *fortement* et que le minimum ne soit atteint qu'en un rang m assez *élevé*. On peut considérer la série asymptotique comme la somme, terme à terme (la théorie des séries définissables permet l'addition terme à terme) de deux séries cohérentes à termes positifs, l'une, C, très convergente, l'autre, D, très divergente et donc de somme négative. C'est au voisinage du terme minimum T_m que la série D fait pratiquement son apparition, par un terme t_m qui est assez petit parce que borné par la valeur, petite, de T_m. Le rang m étant notable et les termes de D étant fortement croissants, c'est donc que le terme t_1 était très petit, c'est-à-dire que la somme de la série D, bornée par t_1, est un nombre négatif de très faible valeur absolue. La somme s se réduit donc pratiquement à la somme de la composante C convergente. Les premiers termes t de D étant très faibles, les termes de C jusqu'au minimum se confondent sensiblement avec les termes mêmes T donnés; et les termes de C au delà du minimum sont très faibles. Finalement, on aura la somme de la série asymptotique, avec beaucoup d'approximation (erreur de l'ordre de T_m) en en sommant les termes tant qu'ils décroissent.

On peut appliquer ces considérations très générales à la série $\sum \frac{n!}{x^n}$ étudiée par Stieltjes. En opérant comme il a été dit, les conditions exigées étant d'autant mieux remplies que x est plus grand, on trouve pour $x = 4$, la

somme approchée 1,46875, contre la valeur exacte 1,43820, et pour $x = 7$, le nombre 1,22441, contre 1,22242. Le terme minimum vaut deux à trois fois l'erreur.

MÉCANIQUE. — *Sur la discussion des éventualités dans la dynamique des solides en contact ponctuel avec frottement dans le cas où certaines vitesses de glissement sont nulles à l'instant initial.* Note de M. **François Gallissot**, présentée par M. Henri Villat.

Dans une Note précédente (¹) nous avons indiqué une méthode générale de discussion des éventualités se présentant dans un système à n degrés de liberté soumis à des liaisons $a^h(p_i, q^i, t) = 0$, $\Omega\, d = \lambda_h l_i^h dq^i \wedge dt$ (équivalente à la puissance $P = \lambda_h l_i^h \dot{q}^i$) dont les l_i^h sont des fonctions connues d'avance. Dans le cas de solides en contact à l'instant t_0, certaines vitesses de glissement étant nulles, l'expression de la puissance de certaines liaisons n'est pas connue *a priori*, mais dépend de la nature du mouvement commençant. Ainsi, dans le cas d'un solide à plan de symétrie permanent en contact avec une droite, u, w étant les composantes de la vitesse de la molécule en contact, la puissance associée à la liaison $w = 0$ est :

dans le cas du roulement : $P = \lambda w$;

dans le cas du glissement : $P = \lambda(w - fu)$ (f coefficient de frottement au contact).

Pour simplifier nous nous limitons au cas où les forces de contact se réduisent à des vecteurs uniques pour chacun d'entre eux. Mais l'extension, au cas où l'on tiendrait compte d'un couple de résistance au roulement et d'un couple de résistance au pivotement, serait aisée.

Pour discuter les éventualités possibles à l'instant t_0 pour un ensemble de solides dépendant de $2n$ paramètres position, vitesse, ayant p contacts entre eux, on peut procéder ainsi : ayant choisi p trièdres mobiles tri-rectangles ayant respectivement pour sommet chacun des points de contact, l'axe $P_h z^h$ étant orienté suivant la normale commune, les conditions de roulement au h^e contact se traduisent par

$$u^h = 0, \qquad v^h = 0, \qquad w^h = 0.$$

A notre point de vue, ces trois liaisons sont de puissance nulle

$$P_1 = X^h u^h, \qquad P_2 = Y^h v^h, \qquad P_3 = Z^h w^h.$$

Ces $3p$ liaisons sont supposées compatibles (²). Il en résulte qu'on peut toujours choisir pour certains des paramètres les $3p$ quantités u^h, v^h, w^h.

(¹) *Comptes rendus*, **235**, 1952, p. 937; Note désignée par G² dans la suite,

(²) F. Gallissot, *Comptes rendus*, **234**, 1952, p. 2148. Remarquons que pour un solide en contact par deux de ces points avec un obstacle fixe les deux liaisons de roulement ne sont pas compatibles.

Lemme. — *Les liaisons linéairement non holonomes de puissance nulle étant un cas particulier des liaisons d'Appell, la matrice z^{hk} (3) est symétrique et la forme quadratique associée φ est définie positive.*

Utilisant la méthode de G², on obtient les $3p$ équations, dont les seconds membres sont indépendants des éventualités.

$$\text{(I)}\qquad \left\{\begin{aligned} &\frac{du^h}{dt}-\frac{\partial\varphi}{\partial X^h}=\alpha^h,\\ &\frac{dv^h}{dt}-\frac{\partial\varphi}{\partial Y^h}=\beta^h \qquad h\ (1\ \text{à}\ p),\\ &\frac{dw^h}{dt}-\frac{\partial\varphi}{\partial Z^h}=\gamma^h. \end{aligned}\right.$$

Ces équations indiquent alors le nombre de contacts avec roulement sans glissement acceptables si $Z^h > 0$, $(X^h)^2 + (Y^h)^2 < (f^h Z^h)^2$ et le nombre de contacts qui se rompent $(dw^h/dt) > 0$.

Pour envisager l'hypothèse de tous les glissements naissants, il suffit dans les équations (I) de remplacer du^h/dt par $(d\rho^h/dt)\cos\sigma_h$, dv^h/dt par $(d\rho^h/dt)\sin\sigma_h$, dw^h/dt par 0, X^h par $-f^h Z^h\cos\sigma_h$, Y^h par $-f^h Z^h \sin\sigma_h$, d'où le système (II)

$$\text{(II)}\qquad \left\{\begin{aligned} &1.\quad \frac{d\rho^h}{dt}-\frac{\partial\varphi}{\partial X^h}\cos\sigma_h-\frac{\partial\varphi}{\partial Y^h}\sin\sigma_h=\alpha^h\cos\sigma_h+\beta^h\sin\sigma_h,\\ &2.\quad -\frac{\partial\varphi}{\partial X^h}\sin\sigma_h+\frac{\partial\varphi}{\partial Y^h}\cos\sigma_h=\alpha^h\sin\sigma_h-\beta^h\cos\sigma_h,\\ &3.\quad \frac{\partial\varphi}{\partial Z^h}=\gamma^h. \end{aligned}\right.$$

Les équations (II.3) déterminent les Z^h en fonction des σ_h.

Les équations (II.2) déterminent les σ_h au moyen d'un système d'équations trigonométriques, les équations (II.1), les $d\rho^h/dt$, les valeurs sont acceptables si $Z^h > 0\ (d\rho^h/dt) > 0$.

Méthode analogue s'il y a glissement naissant en k contacts, roulement sans glissement ou rupture de liaison aux $(p-k)$ autres contacts.

ÉLASTICITÉ. — *Étude photoélastique de la rupture.*
Note (*) de M. **Félix Zandman**, présentée par M. Joseph Pérès.

Cette Note a pour objet de présenter les résultats obtenus dans une étude photoélasticimétrique des phénomènes observés dans la rupture d'une éprouvette de méthacrylate de méthyle, de section rectangulaire, posée sur deux appuis et soumise au choc d'un marteau. La synchroni-

(3) *Voir* G².

(*) Séance du 1er décembre 1952.

sation entre la rupture et le train d'étincelles (4 000 éclairs par seconde) se fait au moyen d'un éclateur-pilote disposé en série avec l'éclateur-source de lumière; les électrodes de l'éclateur-pilote se rapprochent quand le marteau touche l'éprouvette, ce qui permet d'amorcer le train d'étincelles au moment opportun. On comparera avec nos résultats antérieurs (1).

Nous avons constaté que :

1° L'ébranlement provoqué par le choc se propage par ondes dont l'effet, au début, est de mettre l'éprouvette dans un état de contraintes analogue à celui observé dans la flexion simple; la ligne neutre, droite, passe par l'axe longitudinal de l'éprouvette. Ce n'est qu'après 1/2 000 de seconde environ que l'éprouvette se trouve soumise à un état de contraintes semblable à celui d'une poutre posée sur appuis et chargée statiquement en son milieu. Bien entendu, on observe quelques anomalies à l'endroit où le marteau est en contact avec l'éprouvette.

2° Pour que la rupture se produise, il faut qu'une certaine contrainte soit atteinte à l'endroit opposé au choc. La vitesse avec laquelle on obtient cette contrainte est fonction de la force d'impact, de la durée du choc et, évidemment, de la nature du matériau employé pour l'essai. La contrainte maximum de traction qui précède la rupture est au moins trois fois plus grande que celle constatée dans le cas de la rupture provoquée par chargement statique (on observe fréquemment l'isochromatique d'ordre 12).

3° La rupture, dans sa première phase, commence du côté de la traction, à l'opposé de l'endroit frappé. Elle suit une isostatique de deuxième espèce, perpendiculaire au côté libre de l'éprouvette. La région de rupture présente, à cet endroit, une zone d'arrachement. La fente est rectiligne jusqu'au tiers de la largeur de l'éprouvette. Les isochromatiques sont distribués symétriquement par rapport à la ligne neutre et partent de deux points singuliers, le premier situé à l'endroit de l'impact et l'autre au sommet de la fente de rupture (photo n° 1).

4° Dans sa deuxième phase, la rupture se propage dans trois directions à partir du deuxième point singulier; deux des fentes, dont les sections sont lisses (rupture par décollement) suivent les deux branches de la nouvelle isostatique; la troisième, dont la section présente des nervures décrites antérieurement (2) (rupture par arrachement) suit l'isostatique primitive.

A la fin de cette phase, il se forme quatre points singuliers, dont l'un est situé à l'endroit du choc et les autres aux extrémités des trois fentes de rupture.

---

(1) F. Zandman, *Comptes rendus*, 234, 1952, p. 2337.
(2) F. Zandman, *Comptes rendus*, 233, 1951, p. 20.

Un tiers de l'éprouvette n'est pas encore rompu; les isochromatiques de la partie intacte sont de l'ordre 4 (photo n° 2). Au point d'impact,



Photo 1.



Photo 2.

on observe un état de contrainte analogue à celui provoqué par un point pressé (deux isochromatiques en œil de Paon dont les centres sont situés sur l'axe du choc).

5° Dans sa troisième phase, la rupture se produit uniquement par décollement. Les fentes partent des trois points singuliers (*fig.* 1).

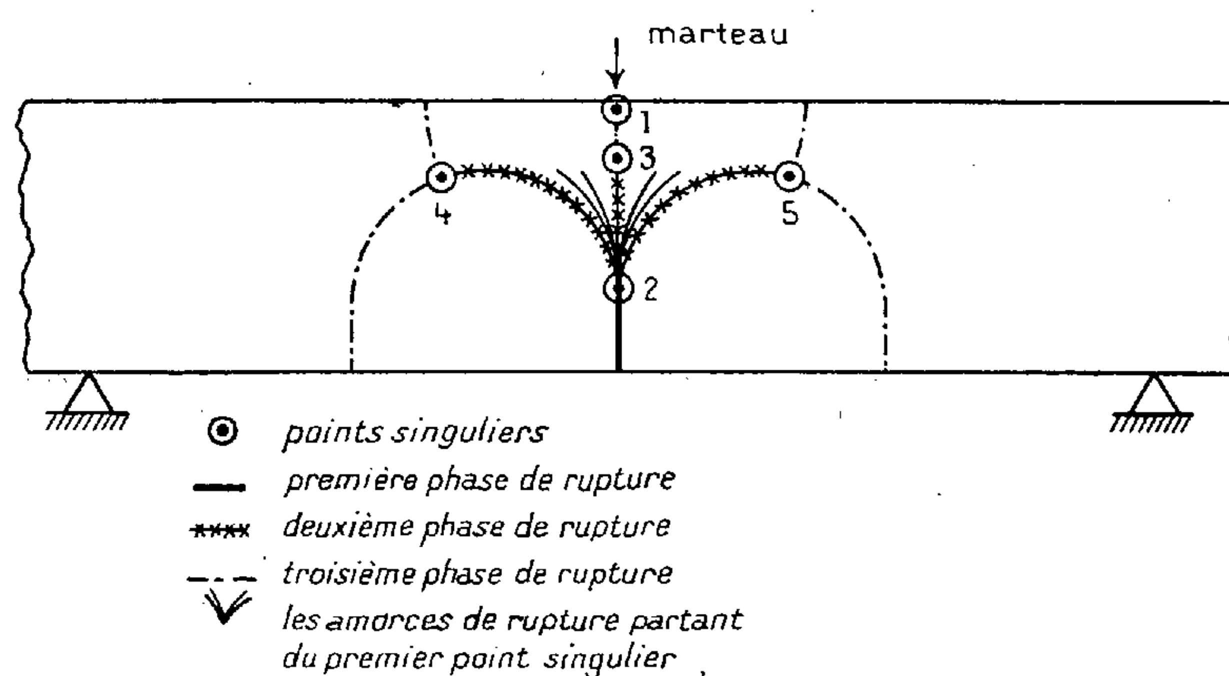


Fig. 1.

Nous indiquerons prochainement les phénomènes observés dans le cas où l'éprouvette présente une entaille.

HYDRAULIQUE EXPÉRIMENTALE. — *Résultats d'études complémentaires relatives à un type particulier d'ouvrage de protection des ports, rades ou estuaires contre les ensablements.* Note de MM. **Jean Laurent** et **André Rivière**, présentée par M. Donatien Cot.

Des essais sur modèle réduit ont prouvé que, dans le cas particulier étudié, des ouvrages antérieurement décrits permettent, non seulement de protéger le port contre l'ensablement résultant du transit littoral pour lequel ils ont été conçus, mais encore de provoquer la dispersion d'accumulations formées antérieurement à leur construction.

Dans une Communication antérieure (¹) nous avons défini les principes suivant lesquels il y a lieu, dans certains cas, de concevoir les ouvrages de protection des ports, des rades ou des embouchures, contre l'ensablement.

Rappelons que les tracés de ces ouvrages doivent être établis de manière à satisfaire à deux conditions essentielles :

1° l'ouvrage doit contrarier aussi peu que possible l'effet du courant littoral dû à l'action de la houle; il comportera, en général, une partie courbe;

2° son extrémité rectiligne ou à faible courbure, doit être approximativement normale aux crêtes des houles dominantes.

Différents essais sur modèle réduit ont confirmé les excellents résultats que l'on peut obtenir par l'application de ce procédé. Nous citerons, en particulier, le cas du Port de la Cotinière (Ile d'Oléron) dont la protection contre l'ensablement a pu être obtenue par le prolongement d'un ouvrage existant dit « épi du phare », suivant un tracé, défini comme indiqué ci-dessus, et comportant :

un tronçon rectiligne faiblement incliné sur les crêtes de houle, pour ne pas contrarier la progression des courants littoraux;

un tronçon en arc de cercle de 20 m de rayon;

un dernier tronçon rectiligne sensiblement normal aux crêtes des houles.

Le but de la présente Communication est d'exposer les résultats d'essais complémentaires réalisés sur le modèle réduit du Port de la Cotinière, sur la demande de M. l'Inspecteur général des Ponts et Chaussées Soleil chargé de contrôler les projets des ouvrages à exécuter en nature.

Ces essais ont apporté une confirmation de l'efficacité des ouvrages conçus selon les principes rappelés ci-dessus.

La figure 1 montre le résultat obtenu avec un tel ouvrage, après une violente tempête artificielle, ayant agi au cours de 20 marées consécutives. On voit que la protection réalisée est excellente, l'ouvrage n'ayant pas été contourné. Ce résultat confirme déjà ceux précédemment obtenus.

Les essais complémentaires avaient pour but d'examiner comment agirait

(¹) *Comptes rendus*, **232**, 1951, p. 96.

l'ouvrage incurvé, sur des fonds dont un ouvrage classique, de forme rectiligne, et de même longueur développée, aurait préalablement provoqué l'ensablement.



Fig. 1.



Fig. 2.

La figure 2 représente l'état des fonds qui s'est créé avec l'ouvrage rectiligne après une violente tempête artificielle ayant duré pendant 20 marées. On voit que l'accumulation de sable a nettement débordé l'extrémité de l'ouvrage, contrairement à ce qui s'était produit avec l'ouvrage incurvé qui facilite leur dispersion. De plus, tandis qu'avec ce dernier type d'ouvrage on avait atteint un état d'équilibre à la fin des 20 marées représentées, dans le cas présent, d'après les observations faites, on était encore, à la fin d'un cycle de 20 marées, très loin d'un état d'équilibre; l'accumulation constatée à l'extrémité de l'épi était donc encore en voie d'engraissement.

Sans modifier l'état des fonds représenté sur la figure 2, nous avons remplacé l'ouvrage rectiligne par l'ouvrage incurvé de la figure 1. Notons que, de ce fait, un volume important de sédiments s'est trouvé placé à droite de l'extrémité de l'ouvrage (*fig.* 2, tracé en pointillé). La situation initiale des fonds était donc particulièrement défavorable.

Nous avons alors reproduit à nouveau une violente tempête artificielle, et à la fin d'un cycle de 10 marées seulement, nous avons constaté que l'ouvrage incurvé avait permis de faire disparaître, en grande partie, l'accumulation qui s'était formée à l'extrémité de l'ouvrage rectiligne, ainsi qu'on le constate sur la figure 3; les dépôts se sont dispersés, et l'extrémité de l'ouvrage tend à se dégager, les fonds évoluant pour revenir à une situation analogue à celle que l'on voit sur la figure 1.

Les résultats de cet essai complémentaire montre que, non seulement l'ouvrage décrit dans la Communication du 18 décembre 1950 permet de protéger le port contre l'ensablement, mais encore, qu'il tend à faire dispa-



Fig. 3.

raître les accumulations qu'on aurait laissé se former au voisinage de son extrémité.

On peut donc dire, en quelque sorte, qu'il dépasse le but qui lui avait été fixé.

OPTIQUE ASTRONOMIQUE. — *Un micromètre à double image permettant un grand dédoublement.* Note de M. **Audouin Dollfus**, présentée par M. André Danjon.

La lumière traverse un rhomboèdre de spath suivi d'une lame quart d'onde, puis un second bloc symétrique. Elle subit deux dédoublements qui se composent en un seul, variable par rotation des deux blocs. Élimination de l'astigmatisme et d'une partie du chromatisme en combinant quatre rhomboèdres et une demi-onde. Réduction des images parasites par des demi-ondes et quart d'ondes composées. Mesure du diamètre de Mars.

Soit à effectuer des mesures géométriques sur l'image aérienne d'un objet formée par un objectif : le contour de l'image est dégradé en raison de la diffraction, des aberrations, de la turbulence atmosphérique et de l'irradiation. Avec le *micromètre à fil*, le dégradé, masqué par les fils, est bissecté en un point variable selon la brillance, le grossissement et la turbulence; la précision n'est pas supérieure à la largeur même du dégradé. Avec la *plaque*

photographique, ce dégradé est généralement exagéré en raison de la granulation de l'émulsion, de la turbulence et des mouvements de la lunette. Le *micromètre à double image*, au contraire, oppose deux dégradés qui se détruisent; ce critère définit la mesure avec une précision qui atteint le dixième seulement de la largeur du dégradé. Il n'existe pas de micromètre à double image permettant d'obtenir un grand dédoublement sans introduire d'aberrations : l'héliomètre, les micromètres interférentiels perturbent le phénomène de diffraction; les appareils de Rochon (¹), de Bigourdan (²) introduisent un astigmatisme qui augmente avec le dédoublement; ceux de Muller (³) et de Lyot sont également destinés à ne mesurer que des distances inférieures à 20 fois le pouvoir séparateur. Par suite, la précision reste limitée au centième.

J'ai réalisé un dispositif permettant d'obtenir, sans aberrations, un dédoublement d'au moins 500 fois le pouvoir séparateur; associé à une lunette suffisante, il peut fournir des mesures avec une précision voisine du millième.

Principe. — Un objet observé à travers un rhomboèdre de spath d'épaisseur e montre deux images, à une distance $\delta = 0,109\,e$ dans le jaune; leurs lumières sont polarisées; à travers deux rhomboèdres, quatre images occupent les sommets d'un losange que l'on peut déformer en tournant les spaths. J'ai supprimé les deux images d'une diagonale en ajoutant sur la face de sortie du premier spath une lame biréfringente quart d'onde dont l'axe est à 45° du plan contenant celui du spath; elle transforme les vibrations lumineuses rectilignes en deux circulaires droites et gauches. Une lame analogue solidaire de la face d'entrée du second spath transforme à nouveau les circulaires en rectilignes convenablement orientées pour subir, dans le deuxième spath, une nouvelle déviation sans dédoublement. Il subsiste deux images, leur distance $\Delta = 2\delta \sin \alpha/2$ varie en faisant tourner les rhomboèdres symétriquement chacun dans un sens (α est l'angle des deux plans contenant les axes cristallographiques et l'axe optique).

Élimination de l'astigmatisme. — Chaque rhomboèdre entache l'image déviée par un astigmatisme de distance 0,063 e. Pour l'éliminer, j'ai remplacé chaque bloc par deux rhomboèdres croisés, entre lesquels une demi-onde est interposée avec l'axe à 45° des plans contenant ceux des spaths. L'image extraordinaire, successivement déviée dans deux directions perpendiculaires, a son astigmatisme détruit.

Élimination du chromatisme transversal. — Le spath étant dispersif,

---

(¹) *Mémoire sur le micromètre de cristal de roche*, Béraud, Paris, 1807.

(²) *Comptes rendus*, **128**, 1896, p. 1048.

(³) *Bull. Astronomique*, **14**, 1949, p. 77.

l'image extraordinaire reçoit un dédoublement qui dépend de la longueur d'onde; après la traversée des deux blocs, les deux images ont un chromatisme symétrique qui comporte une composante proportionnelle au dédoublement Δ et nulle pour $\Delta = 0$, et une autre perpendiculaire, nulle pour $\alpha = \pi$. Cette dernière s'élimine si chacun des deux blocs peut donner séparément deux images affectées par des chromatismes symétriques; pour cela, j'ai constitué ces blocs par deux rhomboèdres croisés, afin que chacune des deux images devienne extraordinaire à son tour. Le chromatisme proportionnel au dédoublement subsiste seul, le dédoublement est légèrement variable avec λ; cette propriété, liée à la dispersion des cristaux, ne pourrait s'éliminer qu'en combinant plusieurs natures de cristaux ou bien en séparant suffisamment les faisceaux pour agir séparément sur chacun d'eux, Dans les applications que je décrirai, un filtre rouge suffit à rendre négligeable cette variation.

Réduction des images parasites. — Les lames ne sont demi-onde et quart d'onde que pour une seule radiation; des images parasites colorées subsistent. On peut les réduire à l'aide de lames composées : chaque demi-onde est associée à une autre, leurs axes font respectivement 22°,5 et 67°,5 avec la direction de la vibration incidente ([4]); les quarts d'onde sont précédés d'une demi-onde dont l'axe est à 15° de la vibration et à 75° de l'axe du quart d'onde ([5]).

Réalisation. — J'ai construit un micromètre éliminant l'astigmatisme et le chromatisme perpendiculaire au dédoublement, et réduisant les images parasites : chacun des deux blocs est constitué par quatre rhomboèdres, d'épaisseur 7,4 mm, les plans des axes étant à $+\pi/2$ les uns des autres, et d'un quart d'onde composé; une demi-onde composée est interposée entre le deuxième et le troisième rhomboèdre. Le dédoublement atteint 4,8 mm, le champ 80 mm². J'ai étalonné cet appareil avec une précision voisine du millième et l'ai décrit dans un pli cacheté déposé à l'Académie des Sciences le 25 juin 1951.

Mesure de la planète Mars. — La lunette de 60 cm du Pic du Midi montre souvent les images des planètes dépourvues d'aberrations et de bouillonnement atmosphérique; la sensibilité du micromètre est limitée seulement par la diffraction; l'assombrissement des planètes près de leurs bords peut produire une erreur systématique qui limite la précision au cinquième du pouvoir séparateur. Trois séries de mesures du diamètre polaire de Mars en lumière jaune s'accordent à mieux que trois millièmes près autour de la valeur $9'',25 \pm 0'',03$ à 1 U. A. L'aplatissement polaire apparent

---

([4]) C. Gaudefroy, *Bull. Soc. Fr. Minéral*, 66, 1943, p. 301.

([5]) G. Destriau et J. Prouteau, *J. Phys. Rad.*, 8, 1949, p. 53.

est $0{,}013 \pm 0{,}006$. En lumière bleue, le diamètre devient $9'',40$ en raison des nuages violets; leur altitude est donc environ 120 km.

Applications à l'Astronomie. — J'ai mesuré depuis 1948 les calottes polaires de Mars. Le diamètre et l'ellipticité des planètes peuvent être obtenus en plusieurs couleurs avec une précision très supérieure aux déterminations classiques. Un dispositif transforme l'appareil en un photomètre pour comparer les brillances des taches de la surface d'une planète. Un autre permet de mesurer les trajectoires apparentes des satellites. Un autre donnera photoélectriquement la distance de deux étoiles ou bien leur différence de magnitude.

PHYSIQUE MATHÉMATIQUE. — *Sur une généralisation du problème de Schwarzschild à une théorie unitaire.* Note de M. **Yves Thiry**, présentée par M. Joseph Pérès.

Le but de la théorie relativiste de la gravitation est de construire et d'interpréter physiquement des espaces-temps munis de métriques partout régulières et satisfaisant aux équations d'Einstein des différents cas. Dans le cas stationnaire, si l'on suppose qu'à l'intérieur des masses les lignes de courant sont confondues avec les lignes de temps, on sait ([1]) que la métrique est statique orthogonale partout. C'est dans ces conditions que l'on se trouve placé dans l'hypothèse de la symétrie sphérique, où les ds^2 de Schwarzschild définissent de tels modèles d'Univers pour différents schémas matériels ou électromagnétiques. Nous nous proposons de présenter les équations auxquelles conduit le problème de Schwarzschild généralisé à une théorie unitaire pentadimensionnelle ([2]).

Nous sommes amené à rechercher une métrique

$$d\sigma^2 = \gamma_{\lambda\mu}\, dx^\lambda\, dx^\mu \qquad (\lambda, \mu = 0, 1, 2, 3, 4),$$

cylindrique et stationnaire, d'un espace $\mathcal{R}_5$, sous la forme

$$d\sigma^2 = -e^{\nu}(dx^0 - e^{-\nu}\gamma_{40}\, dt)^2 + e^{\lambda}\, dt^2 - e^{\mu}\, dr^2 - r^2(d\theta^2 + \sin^2\theta\, d\varphi^2).$$

L'évaluation des composantes non identiquement nulles du tenseur d'Einstein $S_{\lambda\mu}$ de $\mathcal{R}_5$ sur un repère mobile orthonormé conduit au résultat suivant, où v représente la seule composante non nulle F_{14} du tenseur champ

---

([1]) *Cf.* Lichnerowicz, *Comptes rendus*, **222**, 1946, p. 432.

([2]) *Cf.* Yves Thiry, *Étude mathématique d'une théorie unitaire à quinze variables de champ* (Thèse), *J. Math. pures appl.*, (9), **30**, 1951, p. 275-396.

électromagnétique et β une constante

$$S_{11} \equiv -e^{-\mu}\left(\frac{\lambda'}{r}+\frac{1}{r^2}\right)+\frac{1}{r^2}-\frac{\beta^2 e^{\nu}}{2}\,\frac{v^2}{2}-e^{-\mu}\left(\frac{\lambda'\nu'}{4}+\frac{\nu'}{r}\right),$$

$$S_{22}=S_{33}\equiv -e^{-\mu}\left[\frac{\lambda''}{2}+\frac{\lambda'(\lambda'-\mu')}{4}+\frac{\lambda'-\mu'}{2r}\right]+\frac{\beta^2 e^{\nu}}{2}\,\frac{v^2}{2}$$
$$-e^{-\mu}\left[\frac{\nu''}{2}+\frac{\nu'(\lambda'-\mu'+\nu')}{4}+\frac{\nu'}{2r}\right],$$

$$S_{44}\equiv -e^{-\mu}\left(\frac{\mu'}{r}-\frac{1}{r^2}\right)-\frac{1}{r^2}+\frac{\beta^2 e^{\nu}}{2}\,\frac{v^2}{2}+e^{-\mu}\left[\frac{\nu''}{2}+\frac{\nu'(\nu'-\mu')}{2}+\frac{\nu'}{r}\right],$$

$$S_{40}\equiv -\frac{\beta}{2}e^{\frac{\nu-\mu}{2}}\left(v'+\frac{2v}{r}+3\nu' v\right),$$

$$S_{00}\equiv -e^{-\mu}\left[\frac{\lambda''}{2}+\frac{\lambda'(\lambda'-\mu')}{4}+\frac{\lambda'-\mu'}{r}+\frac{1}{r^2}\right]+\frac{1}{r^2}+3\,\frac{\beta^2 e^{\nu}}{2}\,\frac{v^2}{2}.$$

Les équations du cas intérieur (au sens unitaire) s'écriront d'une manière générale

$$S_{\lambda\mu}=-\frac{\beta^2 e^{\nu}}{2}(\rho u_\lambda u_\mu - p_{\lambda\mu}),$$

les tenseurs $\rho u_\lambda u_\mu$ (caractérisant la présence de matière chargée) et $p_{\lambda\mu}$ (représentant l'état des pressions internes) étant élaborés dans l'hypothèse de la symétrie sphérique. La compatibilité de ce système de cinq équations est assurée par l'équation de conservation, les identités de Bianchi se réduisant ici à une seule.

Ces équations généralisent les équations du problème classique de Schwarzschild dont on retrouve les différents aspects (³) en supposant ν constant et en abandonnant la cinquième équation.

Le cas intérieur (au sens unitaire) fournit deux problèmes indéterminés :

1° Sans autre hypothèse, nos équations sont celles du schéma matière-champ électromagnétique, la quatrième équation étant l'équation de Maxwell.

2° Avec $v=0$, nos équations se réduisent à celles du cas intérieur de la théorie relativiste purement gravitationnelle.

Au contraire le cas extérieur (au sens unitaire) fournit deux problèmes déterminés :

3° Avec $v=0$, nos équations se réduisent à celles du cas extérieur de la théorie relativiste purement gravitationnelle.

4° Avec $v\neq 0$, nos équations sont celles du schéma champ électromagnétique pur (sphère électrisée). Dans ce cas, on est conduit à interpréter le résultat

(³) *Cf.* Haag, *Le problème de Schwarzschild* (*Mém. Sc. Math.*, fasc. 46, 1931).

classique dans la théorie de O. Klein, par la considération du $d\sigma^2$ suivant

$$d\sigma^2 = -\frac{2\chi}{\beta^2}\left[dx^0 - \frac{\beta a\, dt}{4\pi r\sqrt{1-\frac{2b}{r}+\frac{a^2}{4\pi r^2}}}\right]^2 + \left(1-\frac{2b}{r}+\frac{a^2}{4\pi r^2}\right)dt^2 - \frac{dr^2}{1-\frac{2b}{r}+\frac{a^2}{4\pi r^2}} - r^2(d\theta^2+\sin^2\theta\, d\varphi^2),$$

a et b étant des constantes. Cette interprétation pentadimensionnelle d'un résultat de la théorie « provisoire » de l'Électromagnétisme peut avoir quelque intérêt.

Mais le véritable intérêt des équations présentées réside en ce que la cohérence de la théorie unitaire vis-à-vis des problèmes relativistes globaux [4] permet de fonder sur des bases solides les méthodes d'approximation, alors que de telles méthodes sont insuffisamment justifiées dans le cas 1° ci-dessus et que la solution rigoureuse du cas 4° garde son caractère « provisoire ».

PHYSIQUE THÉORIQUE. — *Passage des équations de perturbation aux équations intégrales.* Note de M. **Michel Fabre de la Ripelle**, présentée par M. Louis de Broglie.

Nous utiliserons les mêmes équations que dans notre précédente Note [1], où $\psi_0(\vec{r})$ est une fonction normée dont le développement en fonction d'onde propre de H_0 s'écrira :

$$\psi_0(\vec{r}) = \sum_m a_m^0 \psi_m(\vec{r}).$$

Les équations de perturbations s'écriront alors sous la forme

$$ig_n(t) + (\nu_0 - \nu_n)a_n^0 e^{-i\nu_0 t} = -\sum_m H_{nm}(t)[a_m^0 e^{-i\nu_0 t} + a_m(t)].$$

Étudions maintenant le cas particulier où $\partial H/\partial t = 0$, l'Hamiltonien de perturbation ne dépend pas explicitement du temps.

Nous prendrons les transformées de Laplace

$$\gamma_n(s) \subset g_n(t), \qquad \alpha_n(s) \subset a_n(t).$$

Les transformées de $\psi(\vec{r}, t)$, et de l'équation de perturbation divisée

(4) Y. Thiry, *loc. cit.*, chap. III.

(1) *Comptes rendus*, 234, 1952, p. 412-414.

par $\nu_n - is$, s'écriront

$$\Phi(\vec{r}, s) = \sum_m \left[\alpha_m(s) + \frac{a^0 m}{s + i\nu_0}\right] \psi_m(\vec{r}) \subset \psi(\vec{r}, t)$$

$$\left(\alpha_n(s) + \frac{a_n^0}{s + i\nu_0}\right) + i\frac{a_n^0}{\nu_n - is} = \sum_m \frac{H_{nm}}{\nu_n - is}\left[\alpha_m(s) + \frac{a_m^0}{s + i\nu_0}\right].$$

On définit une fonction $G(\vec{r}, \vec{r'}; s)$ par la condition

$$\sum_p \frac{A_{np} B_{pm}}{\nu_p - is} = \int_{(\vec{r})}\int_{(\vec{r'})} \psi_n^*(\vec{r})\, A(\vec{r})\, G(\vec{r}, \vec{r'}; s)\, B(\vec{r'})\, \psi_m(\vec{r'})\, d\vec{r}\, d\vec{r'}.$$

Faisant $A \equiv 1$, $B = H(\vec{r})$ on obtient

$$\frac{H_{nm}}{\nu_n - is} \int_{(\vec{r})}\int_{(\vec{r'})} \psi_n^*(\vec{r})\, G(\vec{r}, \vec{r'}; s)\, H(\vec{r'})\, \psi_m(\vec{r'})\, d\vec{r}\, d\vec{r'}.$$

Faisant $A \equiv 1$, $B \equiv 1$

$$\frac{\delta_{nm}}{\nu_n - is} = \int_{(\vec{r})}\int_{(\vec{r'})} \psi_n^*(\vec{r})\, G(\vec{r}, \vec{r'}, s)\, \psi_m(\vec{r'})\, d\vec{r}\, d\vec{r'}$$

de ces égalités on déduit

$$\sum_m \frac{H_{nm}}{\nu_n - is}\left[\alpha_m(s) + \frac{a_m^0}{s + i\nu_0}\right] = \int_{(\vec{r})}\int_{(\vec{r'})} \psi_n^*(\vec{r})\, G(\vec{r}, \vec{r'}, s)\, H(\vec{r'})\, \Phi(\vec{r'}, s)\, d\vec{r}\, d\vec{r'},$$

$$\frac{a_n^0}{\nu_n - is} = \sum_m \frac{a_m^0 \delta_{nm}}{\nu_n - is} = \int_{(\vec{r})}\int_{(\vec{r'})} \psi_n^*(\vec{r})\, G(\vec{r}, \vec{r'}; s)\, \psi_0(\vec{r'})\, d\vec{r}\, d\vec{r'},$$

remarquant de plus que

$$\alpha_n(s) + \frac{a_n^0}{s + i\nu_0} = \int_{(\vec{r})} \psi_n^*(\vec{r})\, \Phi(\vec{r}, s)\, d\vec{r}.$$

on obtient l'équation intégrale dont $\Phi(\vec{r}, s)$ est solution

$$\Phi(\vec{r}, s) = \int_{(\vec{r'})} G(\vec{r}, \vec{r'}; s) \left\{ H(\vec{r'})\, \Phi(\vec{r'}, s) - i\psi_0(\vec{r'}) \right\} d\vec{r'}.$$

Les états stationnaires s'obtiennent en posant

$$\Phi(\vec{r}, s) = \frac{\psi_0(\vec{r})}{s + i\nu_0},$$

$\psi_0(\vec{r})$ doit alors être solution de carré sommable de l'équation intégrale

$$\psi_0(\vec{\ }) = \int_{(\vec{r'})} G(\vec{r}, \vec{r'}; -i\nu_0)\, H(\vec{r'})\, \psi_0(\vec{r'})\, d\vec{r'},$$

ν_0 étant la valeur propre correspondant à la fonction propre $\psi_0(\vec{r})$.

On montre que $G(\vec{r}, \vec{r}'; s)$ est solution de l'équation

$$H_0 G(\vec{r}, \vec{r}'; s) = \delta(\vec{r}' - \vec{r}) + is\, G(\vec{r}, \vec{r}'; s).$$

où l'on aura

$$\int_{(\vec{r}')} \delta(\vec{r}' - \vec{r}) f(\vec{r}') \, d\vec{r}' = f(\vec{r}),$$

$$\int_{(\vec{r})} \delta(\vec{r}' - \vec{r}) g(\vec{r}) \, d\vec{r} = g^*(\vec{r}'),$$

H_0 étant hermitique, si l'on appelle H'_0 l'hamiltonien opérant sur les variables primées, on a les relations entre opérateurs

$$G(\vec{r}, \vec{r}'; s) H'_0 = \delta(\vec{r}' - \vec{r}) + is\, G(\vec{r}, \vec{r}'; s)$$

$$G(\vec{r}, \vec{r}'; s) H'_0 = H_0 G(\vec{r}, \vec{r}'; s).$$

Lorsque $H(\vec{r}, t)$ dépend explicitement du temps et se décompose en série de Fourier sous la forme

$$H(\vec{r}, t) = \sum_q H(\vec{r}, q)\, e^{-i\varepsilon(q)t},$$

où q représente un ensemble de paramètres.

$\Phi(\vec{r}, s)$ est solution de

$$\Phi(\vec{r}, s) = \int_{(\vec{r}')} G(\vec{r}, \vec{r}'; s) \left\{ -i\psi_0(\vec{r}') + \sum_q H(\vec{r}', q)\, \Phi[\vec{r}', s + i\varepsilon(q)] \right\} d\vec{r}'$$

Pour l'équation de Dirac :

$$\Phi(\vec{r}, s) = \frac{1}{4\pi} (is + \beta\mu + \vec{\alpha}\vec{p}) \int_{(\vec{r}')} \frac{e^{-|\vec{r}' - \vec{r}|\sqrt{\mu^2 + s^2}}}{|\vec{r}' - \vec{r}|} \times \left\{ H(\vec{r}')\, \Phi(\vec{r}', s) - i\psi_0(\vec{r}') \right\} d\vec{r}'$$

où

$$\begin{cases} H_0 = \vec{\alpha}\vec{p} + \vec{\beta}\mu \\ \vec{p} = -i\, \operatorname{grad}_{(\vec{r})}. \end{cases}$$

ACOUSTIQUE. — *Montages interférométriques de détection des ultrasons.* Note de M[lle] **Colette Rossetti**, présentée par M. Jean Cabannes.

Il a été procédé à la réalisation d'interféromètres ultrasoniques, permettant l'étude de la propagation dans les gaz d'ondes ultrasonores de fréquence voisine du mégacycle.

Dans les différents montages, l'émetteur est constitué par un cristal

de quartz piézoélectrique vibrant en épaisseur à sa fréquence de résonance et excité par un oscillateur du type Hartley, stable en amplitude et en fréquence.

On établit dans une colonne gazeuse un système d'ondes stationnaires au moyen d'un réflecteur se déplaçant parallèlement au quartz émetteur. La position du réflecteur est repérée au moyen d'une vis micrométrique solidaire d'un tambour gradué. Une méthode optique ([1]) utilisant le phénomène de diffraction de la lumière par les ultrasons permet de vérifier l'existence des ondes stationnaires dans la colonne gazeuse.

Deux interféromètres ont été construits afin d'expérimenter trois montages différents qui permettent la détection de ces ondes stationnaires et la détermination de la longueur d'onde des ultrasons par des méthodes électriques.

1° Le réflecteur est métallique.

Dans ce dispositif, qui a fait l'objet de nombreuses études théoriques et expérimentales ([2]), on détecte les ondes stationnaires produites dans la colonne gazeuse en étudiant les variations de la réaction acoustique du milieu excité sur le quartz émetteur. Quand on déplace le réflecteur, les variations de la réaction acoustique se traduisent par une variation périodique du courant dans le circuit électrique du cristal, les minima se reproduisant pour des déplacements du réflecteur égaux à $(K\lambda/2)$.

2° Le réflecteur est constitué par un second cristal de quartz susceptible de vibrer sur la même fréquence que l'émetteur ([3]).

Ce cristal « récepteur » joue le rôle de détecteur de la pression acoustique exercée par le milieu gazeux. Il apparaît entre ses deux faces une tension supérieure à 1 V, mesurable, soit directement, soit après amplification et détection.

On observe que la tension détectable dépend de la distance entre l'émetteur et le « récepteur ». Quand cette distance varie, l'amplitude de la tension mesurée présente une succession de minima et de maxima, les minima de tension se reproduisant pour des déplacements du cristal « récepteur » égaux à $K(\lambda/2)$.

3° Le réflecteur est encore un cristal de quartz, mais lui-même excité, à la fréquence de l'émetteur, par induction électrostatique.

Si l'on mesure, alors, la tension aux bornes du cristal dit « récepteur », la courbe de réponse du cristal, quand on fait varier la distance émetteur-réflecteur, diffère très sensiblement de celle obtenue avec le montage précédent. On observe encore une succession de minima et de maxima de

---

([1]) R. Lucas, *Comptes rendus*, 1932, 195, p. 1066.

([2]) I. C. Hubbard, *Phys. Rev.*, 38, 1931, p. 1011.

([3]) W. J. Fry, *J. of Acoust. Soc. of Amer.*, 21, 1949, p. 17.

tension, correspondant à des distances émetteur-récepteur égales respectivement à $K\lambda$, et à $(2K+1)\lambda/2$.

Il faut donc donner au récepteur un déplacement égal à λ pour passer d'un minimum au minimum suivant.

Entre ces minima et ces maxima, on observe des paliers correspondant à une tension constante et que l'on a trouvée égale à la tension apparaissant par induction.

Si le milieu gazeux est de l'air dont l'absorption est faible, il se produit sur les deux quartz des réflexions multiples des ondes ultrasonores, qui rendent très aigus les maxima et les minima. Si l'air est remplacé par du CO_2, qui possède une très forte absorption, les réflexions multiples ne sont plus possibles, les courbes obtenues présentent une forme sensiblement sinusoïdale, les minima correspondant aux valeurs $r = K\lambda$ de la distance émetteur-réflecteur.

Une étude complète de ce dispositif nouveau sera publiée ultérieurement.

ULTRASONS. — *Photogénèse ultraviolette dans l'eau soumise aux ultrasons.* Note de MM. **Robert Olivier Prudhomme** et **Raoul Henri Busso**, présentée par M. Eugène Darmois.

On savait déjà que le passage d'ondes ultrasonores (U. S.) dans l'eau provoquait une luminescence visible (1). L'un de nous a pensé que ce phénomène s'accompagnait d'une émission ultraviolette (U. V.) et a utilisé sans succès la méthode spectrale pour mettre en évidence l'existence d'une photogénèse U. V. Nous avons alors fait appel à une méthode photoélectrique de détection utilisant les photocompteurs à iodure cuivreux (2) mis au point au laboratoire du Professeur Audubert. La sensibilité spectrale de cet appareil s'étend de 1900 à 2 800 Å avec un maximum très accentué vers 2 300 Å.

L'irradiation ultrasonore de fréquence 800 k.Hz d'une puissance totale de l'ordre de 90 W acoustiques (appareil de la S.C.A.M.) a été contrôlée pendant la durée des expériences par un ampèremètre thermique branché directement sur le quartz.

L'eau ou les solutions soumises au rayonnement sont contenues dans une cloche déjà décrite (3), mais pourvue d'une fenêtre latérale en quartz, qui permet aux photons U. V. de pénétrer dans la cellule du photocompteur jouxtant la cuve d'irradiation.

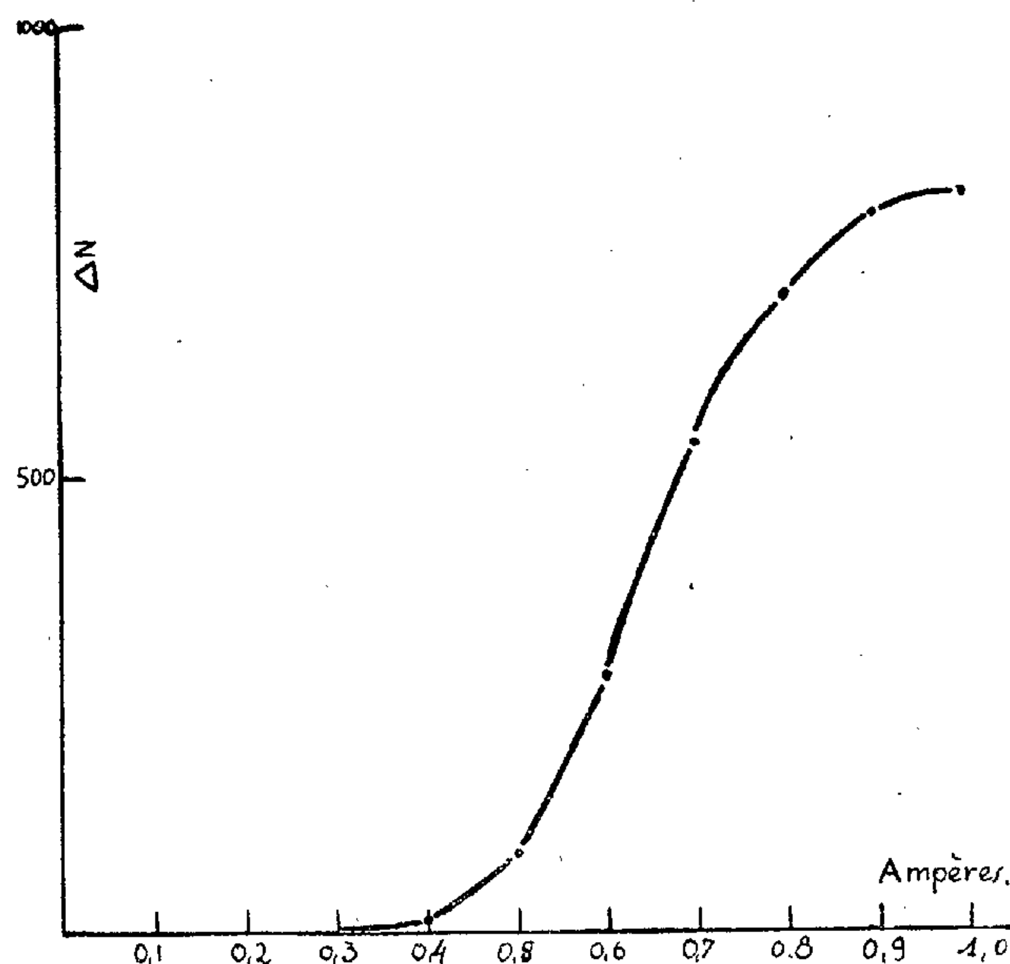
---

(1) R. O. Prudhomme, *J. Chim. Phys.*, 46, nos 7-8, 1949, p. 318.

(2) *Contribution à l'étude de la structure moléculaire*, p. 263, Desoer, Liége, 1948.

(3) R. O. Prudhomme et P. Grabar, *J. Chim. Phys.*, 46, nos 7-8, 1949, p. 323.

Nous nous sommes d'abord assurés que la réponse du photocompteur n'était pas affectée par le champ de haute fréquence, en interposant une lame de verre entre la face de quartz de la cloche à U. S. et celle du photocompteur. Dans ces conditions, ce dernier donne la même réponse, que le générateur de haute fréquence excitant le quartz fonctionne ou non.



L'expérience nous a montré que lors de l'action des ultrasons sur l'eau pure, il y a photogénèse ultraviolette.

Nous avons voulu préciser quelques points de ce phénomène en étudiant le lieu de l'émission, la relation entre l'intensité du courant électrique arrivant au quartz piézo-électrique et l'émission, ainsi que l'influence des gaz dissous ou de substances qui se sont montrées aptes à agir sur la luminescence visible pendant l'action des ultrasons [1].

Nous avons trouvé que la majeure partie de l'émission ultraviolette a pour siège une épaisseur de liquide de l'ordre de 2 cm au-dessous de la base du geyser dû à la pression de radiation. Comme on pouvait le supposer, l'émission U. V. croît avec l'intensité électrique appliquée au quartz. Comme le montre la courbe ci-dessus, l'émission semble atteindre un palier qui est peut-être dû à nos conditions expérimentales. (En ordonnée, nombre de décharges enregistrées au photocompteur. En abscisse, intensité du courant de haute fréquence arrivant au quartz piézo-électrique.)

Nous avons essayé de voir s'il y avait un parallélisme entre l'émission visible et l'émission U. V. Cette dernière semble suivre l'intensité lumineuse visible pour l'argon, l'azote, l'oxygène et l'air. La photogénèse en présence d'argon est dix fois plus intense qu'en présence d'air. L'hydro-

gène, le gaz carbonique, l'éther suppriment complètement le phénomène de même que, comme on le savait [1], ces corps suppriment la luminescence visible ainsi que les actions oxydantes des ultrasons.

Par contre, le sulfure de carbone qui donne dans l'eau une émission visible intense, diminue très fortement la photogénèse U. V. On n'observe pas non plus d'émission U. V. au cours de l'action des ultrasons sur une solution de IK, alors que ce produit se décompose avec libération d'iode et émission de lumière visible. L'absence d'émission U. V. dans le cas d'une solution aqueuse d'IK pourrait s'expliquer par le fait que cette solution absorbe, comme nous l'avons constaté, dans le domaine spectral étudié, absorption qui serait à l'origine de la libération d'iode. On peut penser qu'il en est de même dans le cas du sulfure de carbone.

Dans l'état actuel de nos recherches, on peut tenter de formuler quelques hypothèses explicatives de l'action des gaz sur les luminescences visibles et ultraviolettes et, d'autre part, sur la photogénèse de ces mêmes gaz (O_2, N_2, A, air) soumis au bombardement des particules α du polonium. Nous réserverons ces hypothèses pour une publication ultérieure.

OPTIQUE ÉLECTRONIQUE. — *Interprétation de la structure des images électroniques.* Note de MM. **René Bernard** et **Émile Pernoux** présentée par M. Louis de Broglie.

En microscopie électronique, l'image d'un objet résulte de la concentration sur l'écran des électrons qui traversent la préparation sans perte de vitesse appréciable et sans déviation importante. L'image ainsi fournie par un pinceau étroit d'électrons monocinétiques possède évidemment une très haute définition. Toutefois, si l'objet possède une structure cristalline, certaines de ses parties peuvent se présenter sous une incidence θ telle que $2d\,\theta = n\lambda$ (d étant la distance réticulaire). Les électrons incidents tombant sur ce domaine sont alors diffractés sous l'angle 2θ (quelques 10^{-2} radian).

Une fraction seulement de ce faisceau est diffractée élastiquement et peut atteindre la zone marginale de l'objectif. Elle converge ainsi sur l'écran, en donnant du domaine-objet correspondant une image peu intense et médiocrement définie.

Il est possible de mettre en évidence ces deux composantes de l'image définitive par l'artifice suivant. La mise au point correcte étant obtenue, on réduit progressivement jusqu'à zéro la puissance de l'objectif. L'image à haute définition défocalisée s'étale alors en un fond continu, tandis que les zones d'impact des électrons diffractés régulièrement évoluent d'une manière différente. On les voit s'écarter progressivement de leur position

initiale, suivant des directions normales aux traces des plans diffractants, pour finalement venir former un spot du diagramme classique.

La défocalisation progressive fournit ainsi un moyen rapide pour analyser l'image. Elle permet de préciser l'orientation du réseau cristallin dans chaque domaine et de relier l'intensité de chaque spot à l'étendue du domaine-objet correspondant. La figure 1 montre, après défocalisation,

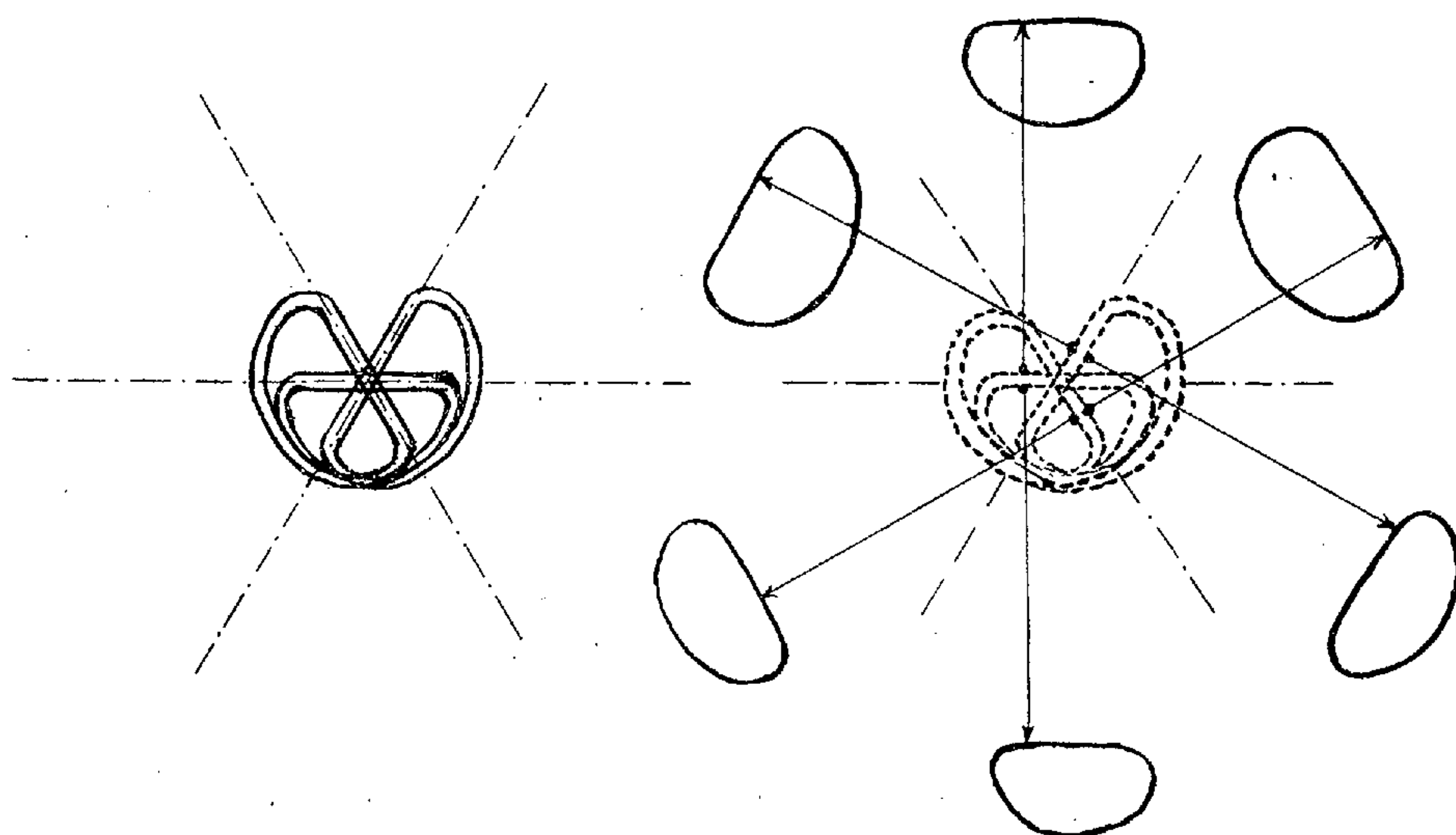


Fig. 1 *a*. Fig. 1 *b*.

Fig. 1 *a*. — Schéma représentant sur une image d'iodure de plomb les domaines recevant le faisceau électronique sous l'angle $\pm\theta$ de Bragg.

Fig. 1 *b*. — Effet d'une défocalisation limitée sur cette structure; le sens des déplacements correspond au signe de l'angle θ.

la décomposition en ses éléments constituants, d'une figure électronique complexe. Il s'agit d'iodure de plomb, les directions de déplacement forment des angles de 120° et sont normales aux plans de forte densité électronique du cristal hexagonal. Le sens du déplacement correspond au signe positif ou négatif de l'angle fait par le domaine-objet et le pinceau électronique incident.

Avec un objectif magnétique, la mise en œuvre de cette méthode est simple puisqu'il suffit de réduire le courant d'alimentation. Avec un système électrostatique il faut disposer d'un potentiomètre haute tension. Dans les deux cas, le passage continu de l'image au diagramme de diffraction nécessite des conditions d'ouverture rarement réalisées. Il n'est cependant pas indispensable de suivre le phénomène de bout en bout; une défocalisation limitée permet tout aussi bien de reconnaître les domaines images atteints par les électrons diffractés, de repérer la direction et le sens de leur déplacement et de retrouver l'orientation cristalline du domaine correspondant de l'objet (*fig.* 1 *b*).

Plus simplement encore cette défocalisation limitée pourra résulter d'un simple déplacement de l'objet de quelques dizaines de μ et l'angle θ se déduira sans peine de la comparaison des déplacements de l'objet, d'une part et des domaines-images, d'autre part, compte tenu du grandissement du microscope.

Nous avons appliqué cette méthode à l'étude des figures électroniques complexes signalées dans nos Notes précédentes ([1]), ([2]), elle nous a permis d'en interpréter tous les détails. Le procédé très ingénieux adopté par O. Rang et H. Schluge ([3]), permet évidemment d'aboutir aux mêmes résultats, mais il nécessite un équipement spécial dont la mise en œuvre est assez longue. Notre méthode simple et rapide permet au contraire de suivre les phénomènes les plus fugaces.

OPTIQUE ÉLECTRONIQUE. — *Microscopie électronique par réflexion.* Note (*) de MM. **Charles Fert** et **Robert Saporte**, présentée par M. Gaston Dupouy.

Pour observer directement les objets opaques au microscope électronique, nous avons repris les essais de Microscopie électronique par réflexion initialement proposés par B. von Borries ([1]). Cet auteur a montré que, pour éviter une grande dispersion des vitesses des électrons « *réfléchis* »,

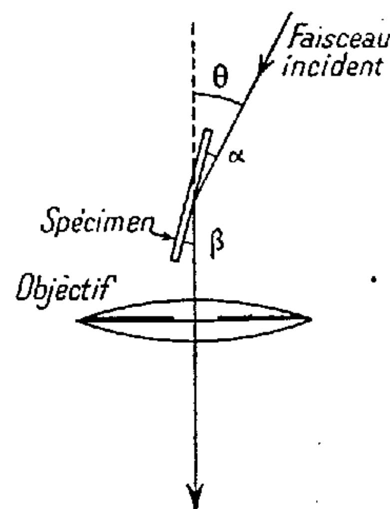


Fig. 1.

la surface de l'échantillon doit former avec l'axe de l'objectif un angle faible et être éclairée sous une incidence rasante : les angles α et β (*fig.* 1) doivent être de l'ordre de 4 à 8°.

([1]) R. Bernard et E. Pernoux, *J. Phys. Rad.*, 13, 1952, p. 368.
([2]) E. Pernoux, *J. Phys. Rad.*, 13, 1952, 135 A.
([3]) *Optik*, 9, 1952, p. 463.

(*) Séance du 1er décembre 1952.
([1]) *Z. Phys.*, 116, 1940, p. 370.

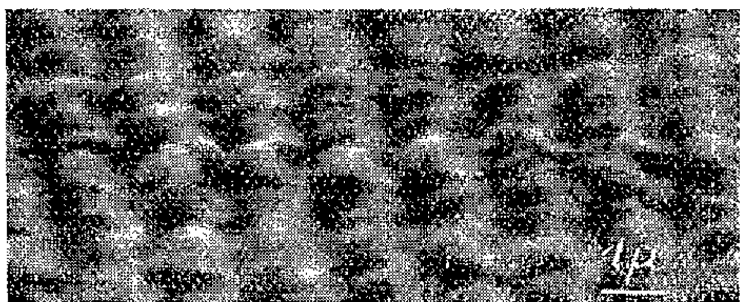


Fig. 2.



Fig. 3.

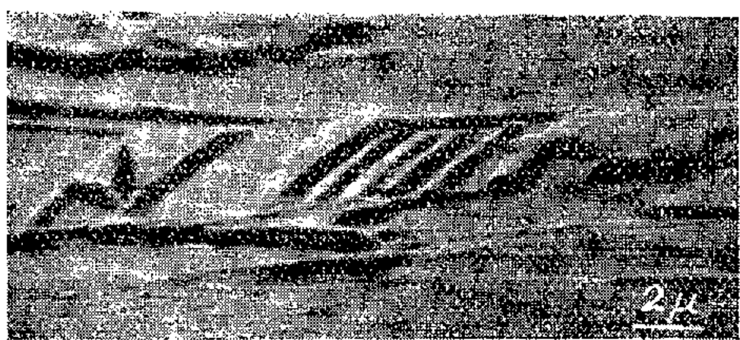


Fig. 4.



Fig. 5.

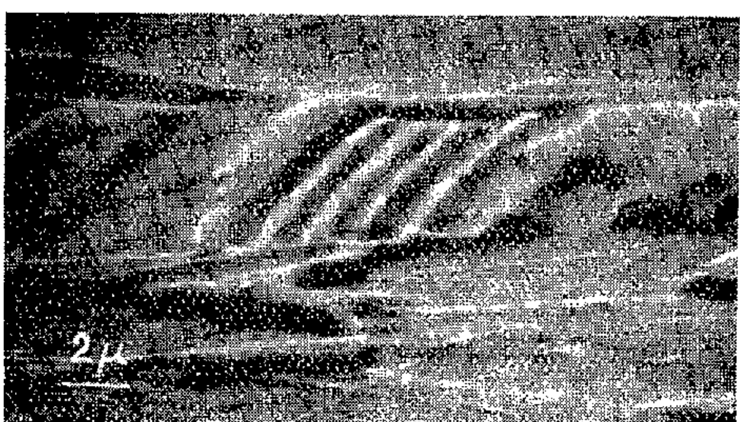


Fig. 6.



Fig. 7.



Fig. 8.

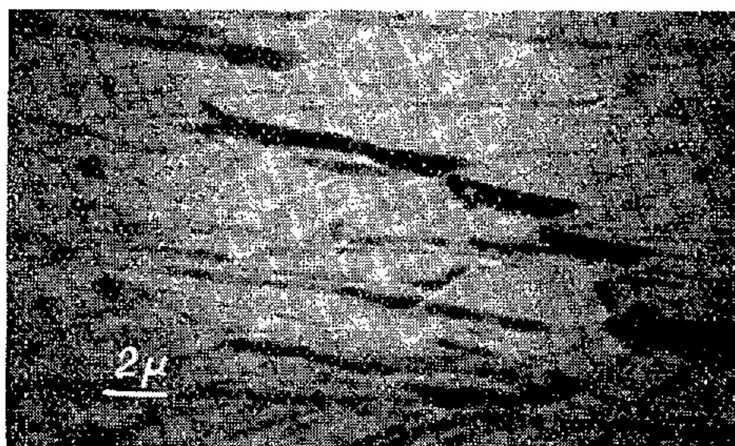


Fig. 9.

Fig. 2. — Réseau original de Rowland ($\beta = 4°$). Fig. 3. — Surface d'aluminium finement polie ($\beta = 3°$). Les particules déposées sur la surface portent une ombre très allongée ($\alpha < \beta$).

Fig. 5. — Cuivre électrolytique corrodé par pulvérisation cathodique. Les photographies 4 à 9 ont été obtenues avec le même échantillon.

Fig. 4, 6 et 8. — Influence de l'angle d'observation : une même région est vue sous $\beta = 4°$ (fig. 4), $\beta = 6°$ (fig. 6), $\beta = 8°$ (fig. 8). La netteté de l'image diminue si l'angle d'observation augmente.

Fig. 7 et 9. — Influence de l'angle d'éclairement : une même région est vue sous $\beta = 4°$, mais avec $\alpha = 3°$ (fig. 7) et $\alpha = 6°$ (fig. 9).

Caractéristiques générales du montage utilisé. — Le microscope électronique expérimental du laboratoire d'Optique électronique de Toulouse a été adapté à ce mode d'observation. L'orientation du faisceau est habituellement obtenue en inclinant le système du canon à électrons et du condenseur. Nous avons préféré introduire un ensemble de bobines déflectrices entre le condenseur et le porte-objet : ce principe conduit à une réalisation plus simple. L'angle d'inclinaison $\theta = \alpha + \beta$ est réglable, d'une manière très souple, en agissant sur le courant des bobines déflectrices, jusqu'à une valeur maximum $\theta = 16°$. Le canon restant vertical, il peut être construit à plusieurs étages pour l'emploi de différences de potentiel accélératrices élevées.

Le porte-objet permet d'assurer sous vide l'exploration du spécimen et son centrage au-dessus de l'objectif, de régler l'angle d'observation β, enfin, de faire tourner le spécimen autour d'un axe normal à sa surface. Ce dernier réglage s'est révélé précieux, l'aspect du spécimen pouvant changer considérablement avec son orientation autour de cet axe.

Le système de lentilles est identique à celui d'un microscope électronique par transmission et l'observation des objets transparents est possible avec le même porte-objet. La distance focale de l'objectif, pour les observations par réflexion, est de l'ordre de 10 mm. Un diaphragme d'objectif limite le demi-angle d'ouverture à 5.10^{-3} r. Il est prévu de rendre ce diaphragme escamotable pour obtenir le diagramme de diffraction électronique du spécimen.

Préparation des spécimens. — La préparation des spécimens est conduite dans les mêmes conditions que pour une étude au microscope métallographique, mais le polissage de l'échantillon doit être très poussé et son attaque peu profonde. L'emploi d'un éclairage rasant fait du microscope électronique par réflexion un appareil d'étude très sensible du poli d'une surface.

Les figures 2 à 9 montrent quelques photographies enregistrées au microscope électronique par réflexion. Elles font apparaître l'influence de différents paramètres sur l'aspect des images. Le pouvoir séparateur perpendiculairement au plan d'incidence est de l'ordre de 250 Å pour un angle d'observation de 4°.

ÉLECTROTECHNIQUE. — *Sur les régimes transitoires.*

Note (*) de M. **Paul Poincelot**, présentée par M. Louis de Broglie.

J'ai mis sous une forme qui paraît commode un certain nombre de régimes transi oires à partir de l'intégrale de Fourier. Des changements de contours

(*) Séance du 24 novembre 1952.

convenables conduisent à des développements en séries de fonctions de Bessel. J'en ai vérifié la convergence et le caractère pratique en calculant les courbes.

I. Réponse à la tension unité $\Upsilon(\tau)$ d'une chaîne de p cellules passe-bas simples (L, C) :

$$F(\tau) = \{1 - [J_0(\tau) + 2J_2(\tau) + \ldots + 2J_{2p-2}(\tau) + J_{2p}(\tau)]\}\Upsilon(\tau),$$

avec $\tau = \omega_c t$, ω_c étant la pulsation de coupure, t le temps.

Dans ce qui suit, nous omettrons la fonction $\Upsilon(\tau)$.

2. Filtre comprenant p cellules simples (L, C) et une cellule (ou deux demi-cellules) dérivées en m; réponse à la tension unité :

$$f(\tau) = 1 - [J_0(\tau) + 2J_2(\tau) + \ldots + 2J_{2p-2}(\tau) + J_{2p}(\tau)] - \frac{2m}{1+m}J_{2p}(\tau) + \frac{4m^2}{1-m^2}\sum_{n=1}^{\infty}(-1)^n\left(\frac{1-m}{1+m}\right)^n J_{2n+2p}(\tau).$$

3. Même filtre. Réponse à la tension $\sin\Omega t\Upsilon(t)$, avec

$$\frac{\Omega}{\omega_c} = \sin a < 1,$$

$$f(\tau) = F(\tau) + \sum_{n=1}^{\infty}\sin na[J_{2p-n}(\tau) - (-1)^n J_{2p+n}(\tau)],$$

$F(\tau)$ étant le régime permanent.

4. Même cas, mais avec $\Omega > \omega_c$:

$$f(\tau) = \frac{2}{\tau\,\mathrm{sh}\,\frac{\alpha}{2}}\left\{pJ_{2p}(\tau) + \sum_{n=1}^{\infty}(-1)^n e^{-n\alpha}[(n+p)J_{2(n+p)}(\tau) - (n-p)J_{2(n-p)}(\tau)]\right\},$$

α étant l'affaiblissement d'une cellule en régime permanent.

5. Même filtre, avec un signal arrondi, de tension :

$$E(t) = e^{i\Omega t}[1 - e^{-\delta t}]\Upsilon(t) \qquad (\Omega > \omega_c)$$

$$f(\tau) = \frac{1}{\tau\,\mathrm{sh}\,\frac{\alpha}{2}}\left\{i2pJ_{2p}(\tau) + \sum_{n=1}^{\infty}i^{n+1}e^{-n\frac{\alpha}{2}}[(n+2p)J_{n+2p}(\tau) - (n-2p)J_{n-2p}(\tau)]\right\},$$

avec

$$\mathrm{sh}\,\frac{\alpha}{2} = \sqrt{\left(\frac{\Omega + i\delta}{\omega_c}\right)^2 - 1}.$$

6. Passe-haut (C, L) à une cellule. Réponse à la tension unité :

$$f(\tau) = J_0(\tau) + 2\sum_{n=1}^{\infty}(-1)^n(n^2+1)J_n(\tau).$$

7. Même cas avec p cellules :

$$f(\tau) = \frac{1}{p}\frac{1}{\tau}\sum_{n=0}^{\infty}\sum_{\substack{q=0\\(q\leq n)}}^{2p-1}(-1)^n\frac{(2p+n-q)!}{q!(2p-q-1)!(n-q)!}(n+1)J_{n+1}(\tau).$$

8. Même passe-haut à une cellule. Réponse à la tension $\sin\Omega t \Upsilon(t)$ avec $\Omega/\omega_c = b > 1$ (Ω dans la bande passante) :

$$f(\tau) = -\frac{2}{b}\sqrt{1-\frac{1}{b^2}}J_0(\tau) - \frac{4}{b}\sum_{n=1}^{\infty}(-1)^n n J_n(\tau)$$
$$-\frac{4}{b}\sqrt{1-\frac{1}{b^2}}\sum_{n=1}^{\infty}(-1)^n(b-\sqrt{b^2-1})^{2n}J_{2n}(\tau).$$

9. Même cas, mais avec $\Omega/\omega_c = \sin a < 1$ (Ω dans la bande atténuée) :

$$f(\tau) = -\sin(\tau\sin a)\left(\frac{1+\cos a}{\sin a}\right)^2 + \sum_{n=1}^{\infty}\left[\frac{4\cos a}{\sin^2 a}\sin na - 4(-1)^n\frac{n}{\sin a}\right]J_n(\tau).$$

10. Ligne homogène (R, C, L, G) réponse à la tension $\Upsilon(t)$.
Posons

$$\rho = \frac{R}{2L} - \frac{G}{2C}, \qquad \sigma = \frac{R}{2L} + \frac{G}{2C}, \qquad a = \frac{\sigma}{\rho}, \qquad u = \sqrt{t^2-\theta^2}.$$

θ étant le temps de propagation; la tension à l'arrivée est

$$f(t) = \left\{F(t) - e^{-\sigma t}\sum_{n=1}^{\infty}(a-\sqrt{a^2-1})^n\frac{(t+\theta)^n-(t-\theta)^n}{u^n}I_n(\rho u)\right\}\Upsilon(t-\theta),$$

$F(t)$ étant le régime permanent.

11. Même ligne. Tension de sortie en réponse à la tension d'entrée

$$e^{i\Omega t}\Upsilon(t).$$

Je trouve la même formule qu'en (10), avec

$$a = \frac{\sigma+i\Omega}{\rho}, \qquad (|a-\sqrt{a^2-1}|<1).$$

Remarque. — Toutes les fonctions du temps représentent des tensions, et non des courants. Tous les systèmes sont supposés terminés par leur impédance-image.

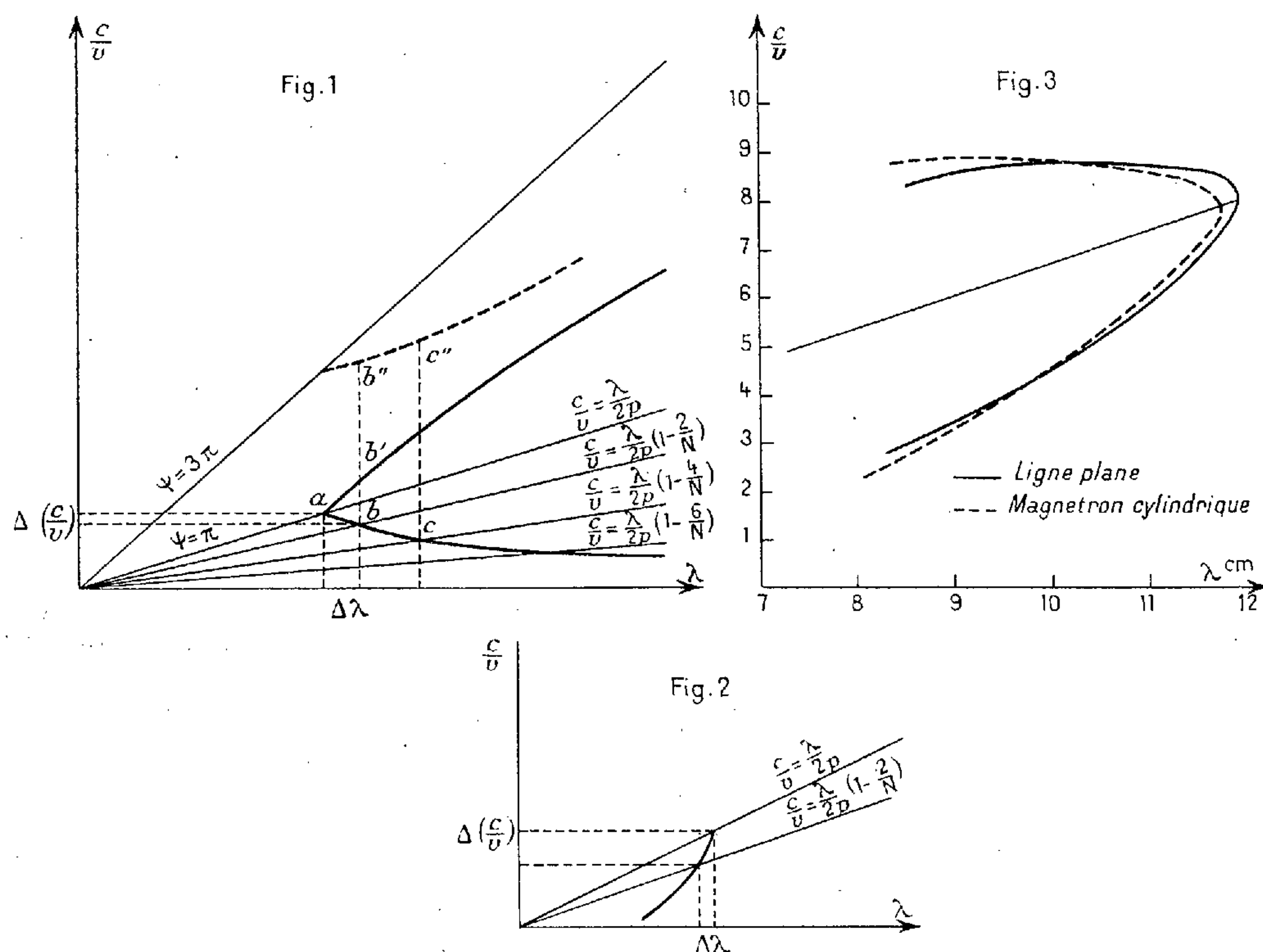
RADIOÉLECTRICITÉ. — *Sur la détermination des vibrations propres et les changements de mode d'un magnétron oscillateur à cavités multiples.* Note (*) de MM. **André Leblond**, **Jean Nalot** et **Oskar Dœhler**, présentée par M. Camille Gutton.

Les magnétrons conçus pour servir d'oscillateurs dans les bandes centimétriques et millimétriques comportent en général une anode cylindrique compre-

(*) Séance du 1er décembre 1952.

nant un nombre élevé N de résonateurs couplés entre eux. Un tel circuit peut être considéré comme un tronçon de ligne plane à structure périodique enroulé et fermé sur lui-même.

Un mode de représentation commode des propriétés de lignes planes à structure périodique a été donné dans une Note précédente (1). Si l'on suppose que le fait d'enrouler la ligne plane ne modifie pas sensiblement ses propriétés,



c'est-à-dire la différence de phase ψ entre deux cellules successives en fonction de la fréquence, les vibrations propres de la cavité du magnétron, définies par

$$N\psi = 2n\pi$$

correspondent aux points d'intersection de la courbe de dispersion de la ligne plane avec les droites

$$\frac{c}{|v|} = \frac{n}{N}\frac{\lambda}{p} \qquad (n = 0, 1, 2, \ldots),$$

$c/|v|$ et p étant le taux de retard et le pas de la ligne et λ la longueur d'onde (*fig.* 1). Chaque branche de la courbe de dispersion donne N/2 points d'intersection a, b, c, ..., a', b', c', ... dont les abscisses, identiques pour toutes les

(1) P. GUÉNARD, O. DOEHLER et R. WARNECKE, *Comptes rendus*, **235**, 1952, p. 32.

branches, définissent N/2 longueurs d'onde de résonance, et dont les ordonnées définissent les vitesses des faisceaux électroniques susceptibles d'entrer en interaction avec le champ du circuit et permettent de déterminer les conditions d'accrochage des oscillations.

Le saut d'un mode d'oscillation au mode voisin est d'autant plus facile que les conditions d'accrochage sont plus voisines, c'est-à-dire que les taux de retard des deux modes sont plus voisins. C'est ainsi que, le mode π correspondant à l'intersection de la courbe de dispersion avec la droite $c/|v| = \lambda/2p$ étant le mode d'oscillation désiré, le danger d'oscillation peut être plus grand pour un circuit correspondant à la figure 1, que pour un circuit correspondant à la figure 2, bien que dans le deuxième cas l'écart des longueurs d'onde du mode π et du mode voisin soit faible. Le mode d'oscillation parasite le plus facilement excité étant celui qui correspond à $c/|v| = \lambda/2p(1 - 2/N)$, il y a donc intérêt à utiliser un circuit possédant une caractéristique de dispersion analogue à celle de la figure 2, pour laquelle le mode fondamental est un mode inverse (1).

Pour étudier de nouveaux circuits de magnétron, il est commode d'utiliser des modèles plans, d'une réalisation plus facile au stade expérimental, et d'une étude plus aisée. Les modifications qu'apporte à la détermination des modes d'oscillation le passage d'une structure plane à une structure cylindrique sont, dans les cas pratiques, suffisamment peu importantes comme le montre la figure 3, pour que cette méthode puisse être utilisée, au moins dans une première étape de l'étude d'un circuit nouveau.

OPTIQUE. — *Contribution à l'étude théorique de la figure de diffraction donnée par une ouverture circulaire couverte à moitié par une lame à faces parallèles.* Note de M. **Norbert Ségard**, présentée par M. Jean Cabannes.

Dans une Note précédente (1) nous avons décrit l'aspect fondamental de la figure de diffraction obtenue par diffraction et interférence en lumière parallèle monochromatique avec une ouverture circulaire couverte à moitié par une lame de verre L à faces parallèles. Nous avons expliqué cette figure à l'aide de constructions de Fresnel. Une explication complète de toute la figure de diffraction entraîne des difficultés mathématiques et numériques que nous nous sommes proposé d'atténuer.

Le point P, au foyer d'un collimateur, forme son image géométrique P′ au foyer de l'objectif de distance focale f. Entre ces deux lentilles, le diaphragme circulaire D, de rayon R et de centre O, est divisé en deux plages égales par la lame L qui introduit entre elles la différence de marche $2k\pi$ (k quelconque).

(1) Charron et Ségard, *Comptes rendus*, **234**, 1952, p. 610.

Soit xOy un système d'axes de coordonnées dans le plan de D, Oy étant défini par la ligne de séparation des deux plages; $P'\xi$ et $P'\eta$ sont respectivement parallèles à Ox et Oy dans le plan focal de l'objectif. En un point $M(\xi, \eta)$ l'éclairement par tous les éléments $dx\,dy$ de D est proportionnel à $(A\cos k\pi - B\sin k\pi)^2$, avec

$$\left.\begin{matrix}A\\B\end{matrix}\right\} = \iint \begin{matrix}\cos\\ \sin\end{matrix}\frac{2\pi}{\lambda f}(\xi x + \eta y)\,dx\,dy,$$

ces intégrales étant étendues à un demi-cercle de D.

A peut se ramener à la fonction J_1 de Bessel. B ne peut s'exprimer au moyen de transcendantes élémentaires. Son calcul approché a fait l'objet de nombreux travaux, car B se rencontre aussi dans l'étude de l'héliomètre ainsi que dans celle de la diffraction d'une droite lumineuse par une ouverture circulaire. Plus particulièrement, Everitt [2] a procédé à de longues méthodes d'intégration mécanique, tandis que M. Danjon [3] propose, comme résolvant pratiquement le problème, certains développements en série et valeurs asymptotiques. Les démonstrations rigoureuses de telles formules, ainsi que les calculs numériques résultants, sont longs et délicats. L'étude que nous avons faite de cette fonction B nous a amené, au contraire, à l'établissement simple de deux développements convergents et surtout à un procédé de calcul beaucoup plus rapide.

En désignant par ρ et α les coordonnées polaires de M par rapport à $P'\xi$, par r et u des grandeurs proportionnelles à ρ et x, le calcul de B entraîne celui de

$$I = \int_{\sin\alpha}^{1} \sqrt{1-u^2}\,\sin ru\,du.$$

Pour les faibles valeurs de α et r, le développement alterné suivant est rapidement convergent :

$$I = \sum_{n=1}^{\infty} \frac{(-1)^{n-1}\,r^{2n-1}}{(2n-1)!}\int_0^{\cos\alpha} v^2(1-v^2)^{n-1}\,dv \qquad (v^2 = 1-u^2).$$

Pour les plus grandes valeurs de α, la correspondance symbolique de p à r donne

$$I \supset \int_0^{\cos\alpha}\left(-1 + \frac{1+p^2}{1+p^2-v^2}\right)dv = \sum_{n=0}^{\infty}\frac{p}{(1+p^2)^n}\,\frac{\cos^{2n+1}\alpha}{2n+1}.$$

Les originaux des premiers termes se calculent aisément; la formule de Bromwhich permet la détermination du terme général.

---

(2) *Proc. of the Royal Soc.* Série A, 83, 1910, p. 302.

(3) *Ann. de l'Obs. de Strasbourg*, 3, 1936, p. 240.

Par ailleurs, les calculs numériques de I sont grandement facilités par l'adaptation du procédé de M. Gaston Laville ([4]) au calcul de I sans construction graphique. L'arc de cercle $y=\sqrt{1-u^2}$ est assimilé à un arc de cubique suivant le procédé qu'il indique, d'où

$$r\int_{\sin\alpha_0}^{\sin\alpha_1}\sqrt{1-u^2}\sin ru\,du = (d_0-b_0)\cos(r\sin\alpha_0)-(d_1-b_1)\cos(r\sin\alpha_1) - (c_0-a_0)\sin(r\sin\alpha_0)+(c_1-a_1)\sin(r\sin\alpha_1)$$

avec

$$a_0=a_1=\frac{a}{r^3},$$

$$b_0=\frac{a\sin\alpha_0+b}{r^2},\qquad c_0=\frac{\frac{a}{2}\sin^2\alpha_0+b\sin\alpha_0+c}{r},\qquad d_0=\cos\alpha_0,$$

b_1, c_1, d_1 se déduisent de a_0, b_0, c_0 en remplaçant α_0 par α_1, a, b, c, d résultent immédiatement des relations de M. Laville.

Pratiquement, la tabulation de B sera faite en calculant

$$\int_{\sin 80^\circ}^{1},\quad \int_{\sin 70^\circ}^{\sin 80^\circ},\quad \int_{\sin 60^\circ}^{\sin 70^\circ},\quad \ldots,$$

d'où, par additions successives, les valeurs correspondantes de I. La précision numérique peut atteindre la quatrième et même la cinquième décimale.

RADIOACTIVITÉ. — *Sur la radioactivité anormale de l'atmosphère.* Note de M. **Hubert Garrigue**, présentée par M. Jean Cabannes.

On met en évidence, en avion, à 1 400 m, des suies non locales et le corps radioactif A ; à 4 000 m, le corps A″ (période 100 à 400 h).

Poursuivant systématiquement les recherches de radioactivité de l'air libre, au sol (sommet du Puy de Dôme, 1500 m), en vol (Avion-laboratoire du S. A. L. S., région de 50 km autour du Puy de Dôme, altitude maximum 5000 m), on a effectué depuis le 11 avril 1952, une série plus serrée d'expériences, en particulier, 22 vols de prospection jusqu'au 1er juillet 1952 inclus.

Il est remarquable de constater que le vol de basse altitude du 25 avril 1952 met en évidence l'existence de suies abondantes non locales (vent du secteur Nord, région explorée : 50 km au Nord de Clermont-Ferrand) et du corps radioactif A de période apparente 25 h environ.

Le vol du 15 juin 1952, vers 4000 m d'altitude permet de récolter un produit radioactif très tenace, de la classe du corps appelé A″ ([1]). Les mesures

([4]) *Comptes rendus*, **234**, 1952, p. 1728.

([1]) Le corps A″, de longue période (10 jours) a été décelé pour la première fois dans la neige fraîche au sommet du Puy de Dôme le 20 novembre 1951. *Comptes rendus*, **233**, 1951, p. 1447.

plus précises montrent une période du début de 100 à 150 h et une période de queue de 400 h environ, toutes corrections faites (radon, thoron, perturbations locales). L'intensité d'ionisation de l'air libre provoqué par ce corps, dans les conditions où il se trouve réparti sur les lieux de prélèvement, vers l'altitude de 4 000 m, a pour ordre de grandeur une fraction de l'intensité d'ionisation provoquée par le radon normalement contenu dans l'air libre à basse altitude (teneur de l'ordre de 10^{-16} curie/cm³). Aucun résidu à plus longue période n'a pu être décelé.

Date.	Altitude maximum (m).	Température au point culminant (°C).	Durée du prélèvement.	Particules décelées (*).
11 avril 1952.........	4 500	—11	2 h 15 m	néant
12 »	3 200	–	2 30	»
19 »	1 900	–	1 30	»
24 »	3 400	— 9	1 00	»
25 »	1 400	— 2	1 00	suies A
26 »	mesures au sol, sommet du Puy de Dôme			traces A
26 »	3 400	— 1	1 h 30 m	néant
27 »	3 600	— 4	3 00	»
28 »	3 300	— 2	1 30	traces A
29 »	3 000	— 1	1 00	néant
30 »	4 000	— 4	2 00	traces A
1er mai 1952.........	2 300	givrage abondant	1 00	néant
4 »	2 700	— 2	2 00	»
8 »	3 525	— 5	1 30	»
10 »	3 900	— 7	1 00	»
12 »	4 300	— 8,5	2 00	A
13 »	3 800	— 5	2 00	A
18 »	3 150	+ 1	2 00	traces A
25 »	4 000	— 4	1 30	traces A″
1er juin 1952.........	3 800	— 4	1 15	néant
10 »	3 550	— 1	2 00	A″
15 »	4 800	— 7,5	3 00	A″
1er juillet 1952.........	4 500	+ 3	1 00	néant

(*) Particules décelées en plus des particules normales d'origine terrestre, radon et thoron.

A, Corps de période apparente 25 h.

A″, Corps de période apparente longue (100 à 400 h).

Il ne semble malheureusement pas possible de tirer cette fois une conclusion satisfaisante sur la vitesse de propagation et de dissémination, à l'échelle du globe, des nuages radioactifs d'origine « atomique ».

PHYSIQUE CORPUSCULAIRE. — *Vérification expérimentale des théories de l'ionisation produite dans les gaz par des mésons de grande énergie.* Note (*) de MM. **Paul Chanson, Pierre Treille, Terrence Price** et **David West**, présentée par M. Louis Leprince-Ringuet.

L'ionisation spécifique des mésons du rayonnement cosmique a été mesurée par quatre compteurs proportionnels rectangulaires, pour deux bandes d'énergie. Les résultats sont en faveur d'un accroissement de l'ionisation pour les mésons de très grande vitesse.

Dans une précédente Note ([1]) reprise en détail par la suite ([2]), nous avons indiqué les résultats obtenus en 1950 sur l'ionisation créée par une particule de grande énergie grâce aux mesures simultanées de l'impulsion et de la perte d'énergie à l'aide d'une chambre de Wilson et de deux compteurs proportionnels.

Nous avons entrepris pendant la campagne 1951 au laboratoire du C. N. R. S. à l'aiguille du Midi de Chamonix (3650 m d'altitude) une nouvelle expérience permettant de comparer l'ionisation spécifique des mésons d'une part au voisinage du minimum théorique (impulsion voisine de 0,4 BeV/c) d'autre part au delà de ce minimum (impulsion supérieure à 1 BeV/c), ceci pour confirmer l'allure générale du phénomène observé dans l'étude précédente.

Le montage expérimental est constitué par un télescope schématisé sur la figure. Les bancs de compteurs Geiger 1, 2, 3 sont en coïncidence et définissent un pinceau étroit de rayons cosmiques au voisinage de la direction verticale, le banc 4 peut être monté en anticoïncidence. Les quatre compteurs proportionnels P ont pour une hauteur utile de 7 cm un remplissage de néon (de 1,6 cm de mercure T P N) argon (20 cm) et méthane (20,5 cm), le coefficient ξ de Landau ([3]) ayant alors pour valeur 290 eV. Les bancs 5 et 6 placés sur les côtés des compteurs proportionnels utilisés sont reliés à un hodoscope pour indiquer le passage éventuel de rayons d'incidence oblique (en même temps que les rayons verticaux à mesurer) à travers certains des compteurs proportionnels dont les indications seraient faussées.

Première expérience. — Télescope $1+2+3$; écrans $A=15$ cm de plomb, $B=60$ cm. 1470 mesures ont été obtenues. Les particules observées sont des mésons μ d'impulsion supérieure à 1 BeV/c; les autres particules lourdes du rayonnement cosmique, protons et mésons π, sont pratiquement toutes arrêtées

---

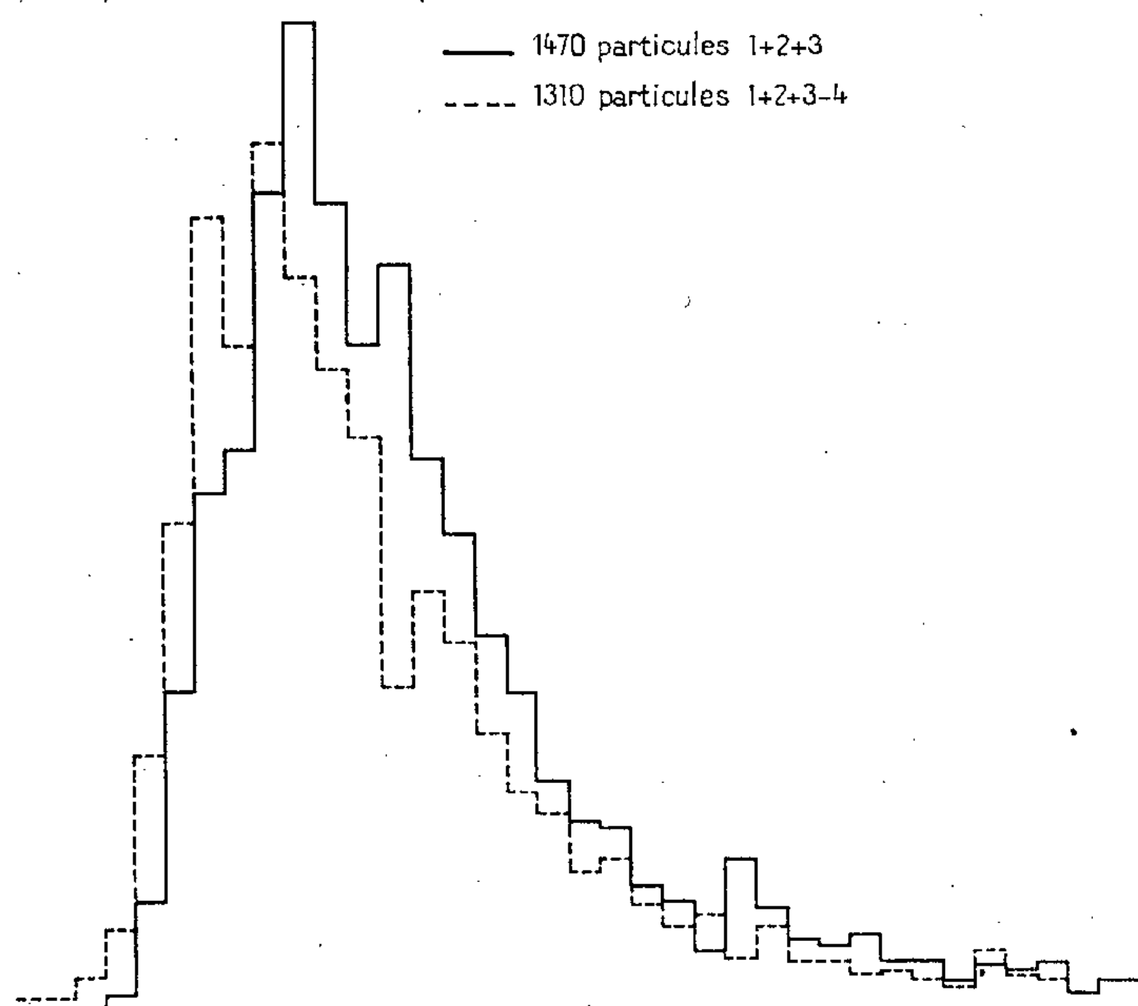
(*) Séance du 24 novembre 1952.

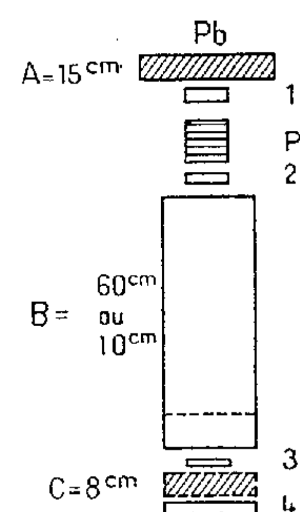
([1]) Becker, Chanson, Nageotte, Treille, Price et Rothwell, *Comptes rendus*, 234, 1952, p. 1155.

([2]) Becker et al., *Proc. Phys. Soc.*, A 65, p. 437.

([3]) *J. Phys. U. S. S. R.*, 8, p. 201.

dans les écrans A ou B et la probabilité de les détecter indirectement par des secondaires traversant le banc 3 est faible. Étant donnée par ailleurs la faiblesse relative de l'intensité de ces particules N par rapport à celle des mésons μ, la perturbation apportée à la répartition des pertes d'énergie des mésons peut être considérée comme négligeable. Les électrons sont éliminés facilement grâce à la combinaison de l'écran A et des compteurs de l'hodoscope.





Deuxième expérience. — Télescope $1+2+3-4$; écrans $A = 15$ cm, $B = 10$ cm, $C = 8$ cm de plomb. 1310 mesures ont été obtenues. Les ionisations mesurées sont relatives à des mésons μ, de 300 à 400 MeV/c, à des protons de 900 à 1100 MeV/c, à des particules N d'impulsions très variables arrêtées par événements nucléaires dans les écrans B ou C (les primaires ou secondaires traversant les compteurs 3 sans décharger les compteurs 4) en nombre sensiblement égal cette fois à celui des mésons μ, d'après les expériences de 1950.

Interprétation des résultats. — On trace pour chaque compteur P la courbe représentant la variation du nombre des particules en fonction de la mesure de l'ionisation. On observe un net déplacement du maximum et du front avant de la courbe de distribution vers les faibles pertes d'énergie quand on passe de la première à la seconde expérience. La présence des particules N très énergiques, dans la seconde expérience, ne peut pas expliquer l'écart entre les courbes expérimentales, elle ne peut que le diminuer; il faudrait en effet supposer qu'à vitesse égale les mésons μ et les particules N subissent des pertes d'énergie très différentes, ce qu'aucune des théories proposées jusqu'ici ne peut expliquer.

Par contre, le déplacement s'interprète aisément si l'on admet, selon ces mêmes théories, l'accroissement de l'ionisation quand l'impulsion de la particule incidente devient supérieure à 400 MeV/c.

RAYONS COSMIQUES. — *Sur la répartition angulaire, le spectre des moments et la dissymétrie Est-Ouest de la composante nucléaire du rayonnement cosmique étudiée au moyen d'une émulsion sensible.* Note (*) de MM. **Max Morand** et **Tsai-Chü**, présentée par M. Eugène Darmois.

La répartition de l'intensité en direction peut se représenter par $I = I_0 \cos^\lambda \alpha$, avec $\lambda = 2,56 \pm 0,28$; le spectre différentiel des moments a été obtenu pour les faibles énergies; l'existence d'une dissymétrie E-W a été confirmée.

1. La répartition de l'intensité totale du rayonnement cosmique a été étudiée (1) dans une plaque Ilford G5, enfermée dans une boîte en aluminium de 300 μ d'épaisseur et exposée verticalement sous 0,2 g/cm² de bois à Tamanrasset. Nous avons mesuré 1925 traces non relativistes (granulation moyenne supérieure à 45 grains par 100 μ, correspondant à des protons d'énergie inférieure à 230 MeV). Chaque trace est repérée par l'angle α que sa projection sur le plan de l'émulsion fait avec la verticale et l'angle β que fait la trace avec cette projection. Les grains sont comptés sur plusieurs sections le long de la trajectoire. $(1,25 \pm 0,26)$% des traces est éliminé comme dû aux branches d'étoiles produites dans l'émulsion. La répartition de l'intensité en direction, celle-ci étant prise à l'entrée des traces dans l'émulsion, peut se représenter par $I = I_0 \cos^\lambda \alpha$, avec $\lambda = 2,56 \pm 0,28$ pour α inférieur à 60°, et $\lambda = 2,20 \pm 0,34$ lorsqu'il s'agit de l'angle β, le nombre des traces non observables devenant important pour β supérieur à 60°. L'intensité verticale j(0), déterminée par un cône de 30° d'angle zénithal, est $(1,625 \pm 0,072).10^{-4}$/cm²/s. stéradian.

2. Le spectre différentiel, pour les moments des protons d'énergie supérieure à 500 MeV/c, a été obtenu par des expériences (2), (3) faites surtout avec la chambre de Wilson; seules, les plaques photographiques permettent de compléter ce spectre du côté des faibles énergies. Les moments de nos particules sont étalonnés au moyen de la courbe parcours-granulation d'une dizaine de mésons trouvés dans la même plaque. La figure montre le spectre de ces moments exprimés en BeV/c, pour l'intensité verticale absolue, en nombres de protons par cm²/s. stéradian et par MeV/c. Le point à 640 MeV/c peut coïncider avec celui de Whittemore et Shutt (3), avec un

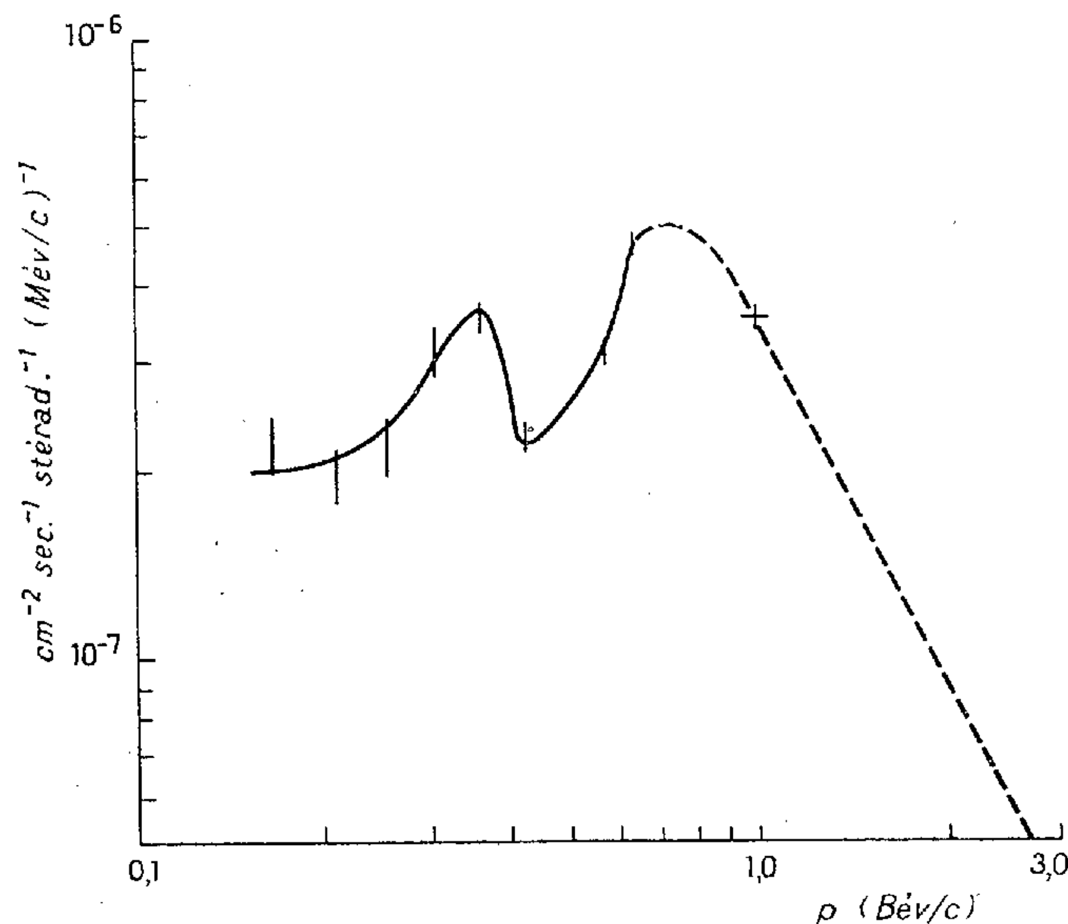
(*) Séance du 1er décembre 1952.

(1) M. Morand et Tsai-Chü, *Comptes rendus*, **234**, 1952, p. 1875.

(2) G. Puppi et N. Dallaporta, *Progress in Cosmic Ray Physics*.

(3) *Phys. Rev.*, **86**, 1952, p. 490.

parcours d'absorption de 150 g/cm² et un effet de latitude de 22,5 %. La partie pointillée a été tracée en faisant passer une droite par deux points : l'un à 1 BeV/c, celui de ces mêmes auteurs corrigé par un parcours (7) de 125 g/cm² et un effet de latitude de 5 %, l'autre à 9,82 BeV/c, calculé au moyen du spectre



primaire de Winkler (4), mais qui n'a pas pu être mis sur la figure. Nous avons complètement identifié 11 mésons et 331 protons parmi ces particules; les mésons représentent donc $(3,2 \pm 1,0)$ % et leur intensité verticale, sous 8,73 m d'eau, à 25°30′ de latitude géomagnétique, est $(1,04 \pm 0,33).10^{-6}$ par stéradian, par seconde, par gramme, pour les parcours inférieurs à 5 g/cm² d'air. L'intensité de ces mésons très lents, réduite à 45°, semble s'accorder mieux avec les résultats de Wilson (5) qu'avec ceux des autres auteurs (6), (7).

3. L'existence certaine d'une dissymétrie E — W sur les particules lourdes du rayonnement cosmique confirme les résultats publiés antérieurement par l'un de nous (8). Nous avons trouvé une dissymétrie égale à $0,31 \pm 0,11$ pour α compris entre 30 et 45°; mais nous n'avons qu'une dissymétrie égale à $0,059 \pm 0,046$ pour l'ensemble de toutes les particules lourdes non relativistes. Nous continuons encore le dépouillement pour arriver à une valeur plus certaine et étudier la manière dont la dissymétrie varie avec l'énergie et l'angle α.

---

(4) *Phys. Rev.*, 79, 1950, p. 656.

(5) Wilson, *Nature*, 158, 1946, p. 415.

(6) York, *Phys. Rev.*, 85, 1952, p. 998.

(7) Rossi, *Rev. Mod. Phys.*, 20, 1948, p. 537.

(8) M. Morand, *Comptes rendus*, 228, 1949, p. 1488; *Nuovo Cimento*, 1949; Supplemento VI, p. 403.

Il est maintenant bien établi que ces traces isolées ne peuvent provenir uniquement des branches d'étoiles locales; elles correspondent aux branches les plus énergétiques de phénomènes secondaires produits en haute atmosphère. Malgré les interactions nucléaires qu'ils ont subies, les nucléons secondaires ont donc une dissymétrie analogue, et, peut-être, même supérieure, à celle des mésons relativistes. Ce fait peut s'expliquer assez facilement, car la plupart des mésons μ arrivant en basse altitude proviennent de la désintégration en vol de mésons π ou d'autres particules instables, produites dans une collision entre noyaux et protons primaires et atomes de l'air; la perte minimum d'énergie par ionisation à travers l'atmosphère étant de 2 BeV, il faut au moins un π primaire de 4 BeV environ, puisque la moitié de l'énergie totale est dissipée sous forme de neutrino; enfin, si plusieurs particules se partagent l'énergie d'un primaire, son énergie doit être assez élevée pour que le méson π primaire ait une énergie supérieure à 4 BeV.

De sorte que la dissymétrie E — W des mésons relativistes, observée au sol, se trouve limitée par une énergie minimum élevée des primaires qui leur ont donné naissance, Au contraire, grâce aux conversions neutron-proton à la fin des cascades nucléaires, les protons peuvent être les descendants de collisions qui n'ont pas subi cette limite. Il est à remarquer que l'existence de la dissymétrie E — W conduit à des conclusions plus fortes que celles résultant des effets de latitude, puisqu'elle prouve que les nucléons secondaires conservent une direction voisine de la direction des primaires qui leur ont donné naissance.

PHYSIQUE CRISTALLINE. — *Spectre Raman du chlorure de baryum hydraté* ($BaCl_2$, $2H_2O$). Note de M. **André Galy**, présentée par M. Jean Cabannes.

Ce cristal est monoclinique. Il appartient au groupe spatial $C_{2h}^5 - P2_1/C$. Les paramètres de la maille élémentaire sont :

a. (OX) = 6,736 Å; *b.* (OY axe binaire) = 10,86 Å; *c.* (OZ) = 7,136 Å (1).

Cette maille contient quatre molécules de chlorure de baryum; chaque ion ou molécule d'eau est en position générale, de sorte qu'il existe une famille d'ions Ba, deux familles d'ions Cl, deux familles de molécules d'eau :

Le spectre Raman d'un monocristal fournit les fréquences indiquées dans le tableau ci-contre.

On constate dans ce tableau que la fréquence de déformation de l'eau n'apparaît pas.

---

(1) St. v. Karay-Szabo et K. Sasvari, *Z. Krist.*, A, 97, 1937, p. 235.

Fréquence en cm^{-1}.........	33	46	62	77	98	122-127	135	144
Intensité approximative (*)..	F	F	m	F	F	F	F	m
Type (notation de Placzek).	Ag	Ag	?	Ag+Bg	Ag+Bg	Ag+Bg	Ag	?
Fréquence en cm^{-1}.........	167	187	205	250	400-410	560	717	–
Intensité approximative (*)..	m	m	f	f	f	F	f	–
Type (notation de Placzek).	?	?	?	?	Ag+Bg	Bg	?	–
Fréquence en cm^{-1}.........	3285	3345	3376	3456	–	–	–	–
Intensité approximative (*)..	m	F	m	F	–	–	–	–
Type (notation de Placzek).	Ag+Bg	Ag+Bg	Ag+Bg	Ag+Bg	–	–	–	–

(*) F, intense; m, moyenne; f, faible.

Les raies de grandes fréquences, dues aux oscillations de valence, sont étroites et possèdent les tableaux d'intensités suivants (*) :

$$M = 3285\ cm^{-1}\ \begin{array}{c}\text{OX OY OZ}\\ \left|\begin{array}{ccc} m & o & f \\ o & o & o \\ f & o & m \end{array}\right|\end{array} \qquad N = 3345\ cm^{-1}\ \left|\begin{array}{ccc} F & o & F \\ o & o & o \\ F & o & F \end{array}\right|$$

$$P = 3376\ cm^{-1}\ \left|\begin{array}{ccc} f & o & o \\ o & m & o \\ o & o & m \end{array}\right| \qquad Q = 3456\ cm^{-1}\ \left|\begin{array}{ccc} o & o & o \\ o & F & o \\ o & o & F \end{array}\right|$$

(*) F : intense; m : moyenne; f : faible.

Les résultats obtenus permettent d'orienter les molécules d'eau dans le cristal (2).

Le nombre des grandes fréquences observées et leurs intervalles conduisent à penser qu'il n'y a pas de couplage entre les diverses molécules d'eau d'une même famille. Les constantes diélectriques du cristal ne varient, d'ailleurs, sensiblement pas en fonction de la température en-dessous de 60° centigrades. Ce qui montre l'indépendance des molécules d'eau entre elles.

Si l'on admet que les molécules d'eau gardent les éléments de symétrie qu'elles possèdent à l'état de vapeur, la raie Q correspond nécessairement à une vibration antisymétrique des molécules d'eau d'une famille; la raie M a une vibration symétrique.

La seule hypothèse fournissant, pour les vibrations symétriques, un tableau d'intensité vraisemblable est la suivante :

Première famille de molécules d'eau (I)..........	M relatif à la vibration symétrique des molécules d'eau, N relatif à la vibration antisymétrique des molécules d'eau;
Deuxième famille de molécules d'eau (II).	P relatif à la vibration symétrique des molécules d'eau, Q relatif à la vibration antisymétrique des molécules d'eau.

(2) J. Cabannes et R. Aynard, *J. Phys. et Rad.*, (8), 3, 1942, p. 137.

Il résulte des tableaux d'intensité des raies antisymétriques ([3]) que si l'on rapporte les molécules d'eau à trois axes Ox, Oy, Oz :

Ox, bissectrice extérieure de l'angle $\widehat{HOH}$;

Oy, bissectrice intérieure de l'angle $\widehat{HOH}$;

Oz, perpendiculaire à Ox et Oy.

Les tableaux des cosinus directeurs de ces axes par rapport à OX, OY, OZ (rectangulaires à 1° près) sont les suivants :

Famille (I).

	X	Y	Z
x	$\frac{1}{\sqrt{2}}$	0	$\frac{1}{\sqrt{2}}$
y	0	1	0
z	$\pm\frac{1}{\sqrt{2}}$	0	$\mp\frac{1}{\sqrt{2}}$

Famille (II).

	X	Y	Z
x	0	$\frac{1}{\sqrt{2}}$	$\frac{1}{\sqrt{2}}$
y	1	0	0
z	0	$\pm\frac{1}{\sqrt{2}}$	$\mp\frac{1}{\sqrt{2}}$

On constate alors que les tenseurs dérivés des polarisabilités relatifs aux oscillations symétriques des molécules d'eau rapportés aux axes Ox, Oy, Oz sont tous les deux de la forme

$$\begin{vmatrix} a & 0 & 0 \\ 0 & b & 0 \\ 0 & 0 & c \end{vmatrix}$$

avec $a \sim c$ et b très inférieur en valeur absolue à a et c.

CHIMIE PHYSIQUE. — *Sur les phases du système ternaire aluminium-fer-silicium.* Note de M. **Marcel Armand**, présentée par M. Albert Portevin.

L'angle aluminium du diagramme du système ternaire Al-Fe-Si est encore sujet à discussion; les divers auteurs ([1]) ([2]) ([3]) ([4]) ne sont d'accord ni sur le nombre des phases, ni sur leur composition, ni sur leurs domaines de stabilité propres.

La méthode par liquation ([5]) consiste essentiellement a refroidir lentement

([3]) J. Chapelle, *Bulletin de la Société de Minéralogie*, 73, 1950, p. 540.

([1]) Gmelins Handbuch, *Der Anorganischen Chemie*, 8 Aufl. System., n° 35 — A8, 1950, p. 1334.

([2]) Phragmen, *J. Inst. Met.*, 77, 1950, p. 489,

([3]) Pratt et Raynor, *J. Inst. Met.*, 79, 1951, p. 211.

([4]) Nowotny, Komarek et Kremer, *Berg. u. Huttenmännische Monatshefte*, 96, 1951, p. 161.

([5]) Portevin et Dannenmuller, *J. Inst. Met.*, 75, 1948-1949, p. 949.

les alliages préalablement amenés à l'état liquide et à soutirer le liquide-mère à une température convenablement choisie dans l'intervalle de solidification. Il est possible ainsi d'obtenir les phases de dépôt primaire en gros éléments, ce qui facilite énormément leur examen et la détermination de leurs principales propriétés physiques. L'analyse des liquides-mères peut également fournir des renseignements sur la composition réelle des phases déposées ([6]). Nous avons appliqué cette méthode à une cinquantaine d'alliages, de compositions comprises entre 0 et 20 % de fer, et 0 et 50 % de silicium.

L'analyse chimique des alliages initiaux et des liquides-mères, jointe à l'examen des ségrégats, nous ont permis en outre de confirmer dans l'ensemble le diagramme de Gwyer et Phillips ([7]) modifié par Phillips et Varley ([8]) reproduit schématiquement dans la figure. On doit noter cependant un certain nombre de différences importantes.

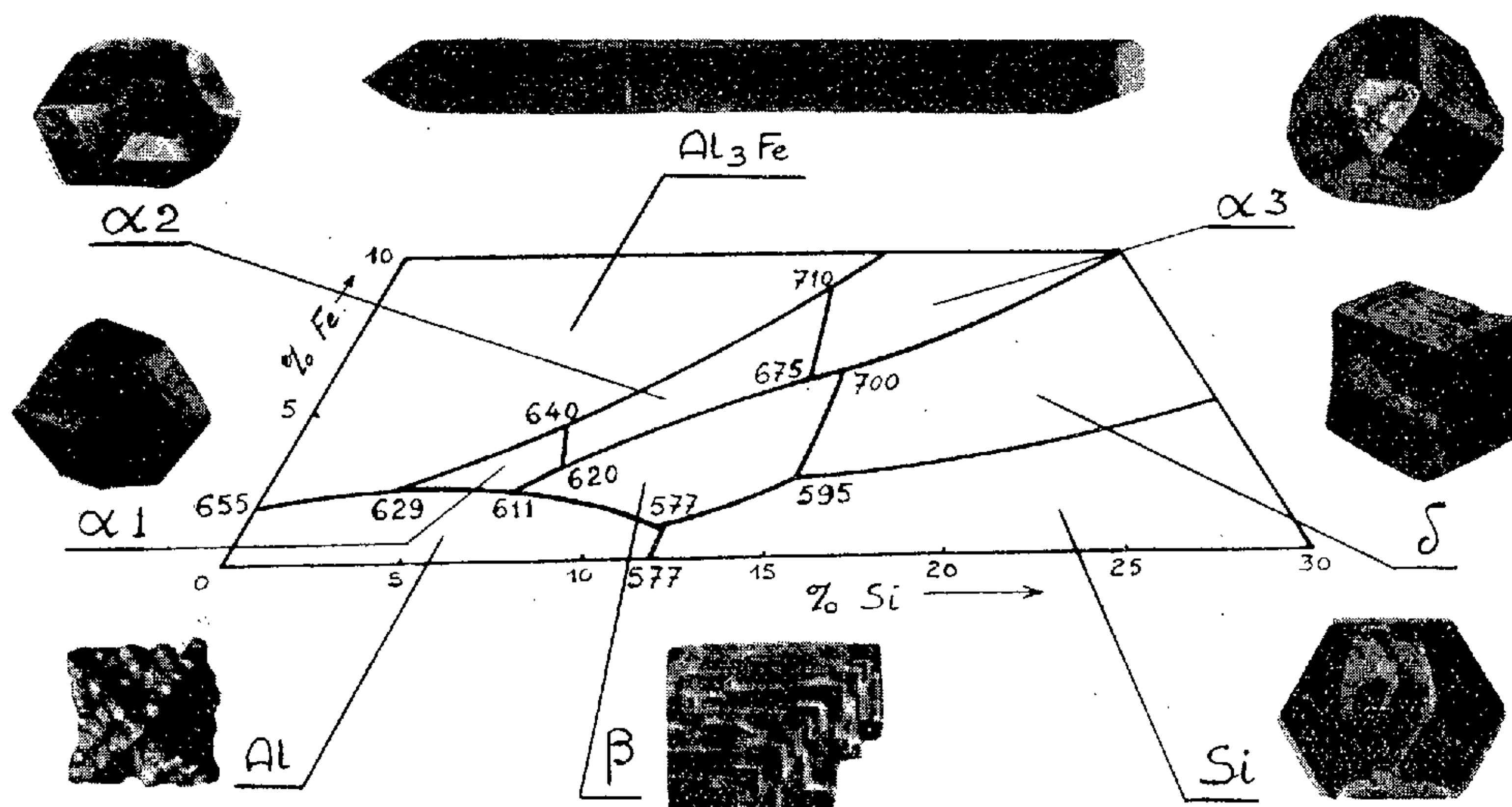


Diagramme ternaire Al.Fe.Si. d'après Gwyer et Philips.

1. Les cristaux obtenus à partir du domaine $FeAl_3$ semblent répondre plutôt à la composition Fe_2Al_7; nous n'avons pu encore établir s'il existe deux phases distinctes comme l'indiquent Nowotny et collaborateurs ([4]), ou s'il s'agit simplement de cristaux de $FeAl_3$, souillés d'aluminium.

2. Le domaine α doit être divisé en trois nouveaux domaines, que nous avons repérés α_1, α_2, α_3. Comme le montre le tableau suivant, les phases

([6]) Jolivet, *Comptes rendus*, **224**, 1947, p. 1822; **226**, 1948, p. 2076; **218**, 1949, p. 1128; **228**, 1949, p. 1495; **228**, 1949, p. 1944.

([7]) *J. Inst. Met.*, **38**, 1927, p. 48.

([8]) *J. Inst. Met.*, **69**, 1943, p. 318.

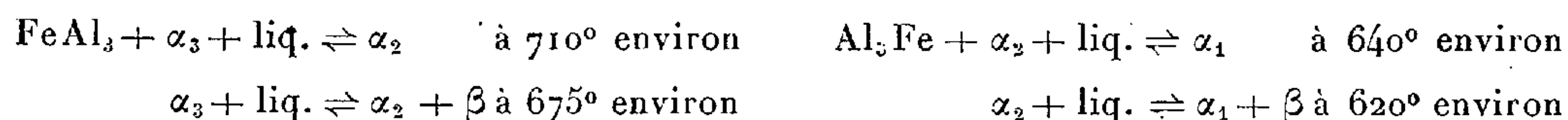
correspondantes sont très nettement distinctes. Deux au moins, du reste, ont déjà été observées par certains auteurs, mais isolément.

Phase.	Réseau.		Formes extérieures.	Densité.	Analyse. Fe %.	Si %.
α_1....	Cubique	$a = 12,523$ (*)	Dodécaèdres rhomboïdaux	3,50	27,3	7,0
α_2....	Hexagonal à un multiple entier près	$a = 4,95$ $b = 7,07$	Aiguilles prismatiques de section hexagonale régulière	3,58	29,2	11,3
α_3....	Cubique	$a = 16,00$	Cubes octaèdres	3,65	35,3	12,8

(*) Donnée de la bibliographie confirmé par le dépouillement des diagrammes.

α_1 est la phase qui donne, avec l'aluminium, l'eutectique caractéristique, généralement connu sous le nom d' « écriture chinoise »; elle a été décrite comme telle par Phragmen ([2]). α_2 a été isolé, photographié et analysé par Pratt et Raynor ([3]) qui, à la suite de Fink et Van Horn ([9]) lui attribuent un diagramme de diffraction aux rayons X, analogue à celui de $FeAl_3$, ce qui est certainement inexact. α_3 enfin, n'a été décrit nulle part à notre connaissance.

Nous n'avons pas cherché à donner de formule stœchiométrique pour ces constituants; il semble cependant qu'il s'agisse de composés définis, car les cristaux de même type provenant d'alliages de compositions différentes, présentent des caractéristiques identiques. L'existence de ces trois phases α_1, α_2, α_3, implique évidemment celle de quatre nouveaux équilibres invariants, du type péritectique :



$FeAl_3 + \alpha_3 + \text{liq.} \rightleftharpoons \alpha_2$ à 710° environ $\quad Al_3Fe + \alpha_2 + \text{liq.} \rightleftharpoons \alpha_1$ à 640° environ

$\alpha_3 + \text{liq.} \rightleftharpoons \alpha_2 + \beta$ à 675° environ $\quad \alpha_2 + \text{liq.} \rightleftharpoons \alpha_1 + \beta$ à 620° environ

Étant données les faibles différences de température existant entre les divers points invariants (11 entre 710 et 577°) dont la plupart sont des points péritectiques de première ou de seconde espèce, il n'est pas étonnant que certains aient échappé jusqu'ici à l'analyse thermique ou aux autres modes d'investigations utilisés généralement (micrographie, rayons X, etc.). Les résultats obtenus ici démontrent, sans qu'il y ait besoin d'insister, l'intérêt des méthodes par liquation pour l'étude des diagrammes.

([9]) Fink et Van Horn, *Trans. A.I.M.M.E.*, 1931, p. 383.

CHIMIE ANALYTIQUE. — *Analyse quantitative de l'éponge de fer.* Note de MM. **Jacques Aubry** et **Fernand Marion**, présentée par M. Louis Hackspill.

Le fer métal est attaqué sélectivement par une solution d'argentosulfocyanure d'ammonium dans un mélange eau-dioxane et titré sous forme d'ion ferreux. Après élimination de l'argent, les oxydes de fer sont dissous dans un acide et titrés à l'état ferreux et ferrique.

L'éponge de fer, produit de la réduction directe des minerais, contient, à côté du fer métal, des oxydes de fer non réduits, de la chaux, de la magnésie, de la silice, etc.

La méthode de dosage la plus utilisée est basée sur l'attaque du fer par une solution de chlorure mercurique ([1]), ([2]), ([3]). Cette méthode donne des résultats inexacts par suite de l'attaque incomplète des grains de fer dans un milieu peu conducteur et en raison de l'action des bases alcalinoterreuses sur les sels ferreux libérés. D'autre part le dosage se réduit à la détermination du fer métal et ne permet pas d'étudier le rapport O/Fe dans les oxydes non réduits, qui restent après traitement, mélangés à du mercure et à du chlorure mercureux, difficiles à éliminer sans altération des oxydes. La méthode préconisée utilise le déplacement électrochimique du fer métal dans une solution concentrée d'un sel complexe d'argent : argentosulfocyanure d'ammonium, solution obtenue en dissolvant jusqu'à saturation du sulfocyanure d'argent dans une solution à 25 % de sulfocyanure d'ammonium :



$$2\,Ag(SCN)_4(NH_4)_3 + Fe \rightarrow Fe(SCN)_6(NH_4)_4 + 2\,SCNNH_4 + 2\,Ag.$$

Le milieu est très conducteur (1000 fois plus qu'une solution saturée de chlorure mercurique) et la pile Ag-Fe a un débit intense, ce qui peut provoquer une réduction du sulfocyanure en sulfure. On évite cette perturbation en dissolvant le sel complexe dans un mélange eau (75 %) dioxane (25 %), qui abaisse légèrement la conductivité du milieu et évite une trop grande densité de courant cathodique.

Le fer, à l'état de complexe ferrosulfocyanure d'ammonium forme une solution stable vis-à-vis de l'oxygène de l'air, grâce à la présence de l'argent divisé ce qui permet de prolonger les attaques. D'autre part, ce complexe ferreux est dissimulé vis-à-vis des bases alcalinoterreuses. Enfin la solution d'attaque a un pH 6, et laisse inaltérés les oxydes de fer.

Des grains de fer de diamètre allant jusqu'à 1 mm peuvent être solubilisés après une attaque d'une heure au réfrigérant ascendant.

([1]) *Bureau of Mines, Reports of investigations*, 3824 US., 1945.

([2]) H. Herich, *Archiv. fur Eisen Hütt*, 20, 1949, p. 287.

([3]) N. I. Stognii, *Zavods. Lab.*, 8, 1939, p. 391.

Après filtration, le fer ferreux est déplacé de son complexe par une solution de nitrate mercurique qui précipite les sulfocyanures d'argent, et de mercure et l'on dose les ions ferreux avec une solution titrée de bichromate de potasse ([4]). Le résidu d'oxydes de fer, mélangé d'argent, est traité à 80° C par une solution de brome qui transforme l'argent en bromure sans modifier les oxydes. Une attaque chlorhydrique à l'abri de l'air, solubilise les oxydes, un dosage du fer ferreux et du fer ferrique permet de calculer le rapport O/Fe dans les oxydes coexistants avec le métal.

CHIMIE ORGANIQUE. — *Préparation et transformation réciproque de dérivés* érythro *et* thréo *de la* β-p-*nitrophénylsérine*. III. *Configuration des* β-p-*nitrophénylsérinates d'éthyle optiquement actifs*. Note (*) de Mme **Irène Elphimoff-Felkin**, MM. **Hugh Felkin** et **Zoltan Welvart**, présentée par M. Marcel Delépine.

La transformation des (+) et (—)-*érythro* β-*p*-nitrophénylsérinates d'éthyle respectivement en leurs isomères (+) et (—)-*thréo*, par inversion de la configuration de l'atome de carbone porteur de la fonction hydroxyle, et la synthèse de la chloromycétine à partir de l'isomère (+)-*thréo*, permettent d'établir la filiation configurative (D ou L) des quatre isomères optiquement actifs du β-*p*-nitrophénylsérinate d'éthyle.

La configuration stérique (*érythro* ou *thréo*) des deux diastéréoisomères racémiques du β-*p*-nitrophénylsérinate d'éthyle a été élucidée récemment ([1]). Dans la présente Note, nous établissons les configurations respectives (D ou L) des quatre isomères optiquement actifs obtenus par dédoublement des deux diastéréoisomères racémiques ([2]).

En effet, nous avons montré que l'énantiomorphe *thréo* dextrogyre possède la même configuration que la chloromycétine, car il y conduit par une série de réactions (*a*), décrites antérieurement ([3]), qui ne modifient pas les centres d'asymétrie de la molécule. Or, la configuration stérique (I) ([4]) de cet anti-

---

([4]) Burriel et Condé, *Anales r. Soc. esp. fis. y quim*, B 44, 1948, p. 95.

(*) Séance du 24 novembre 1952.

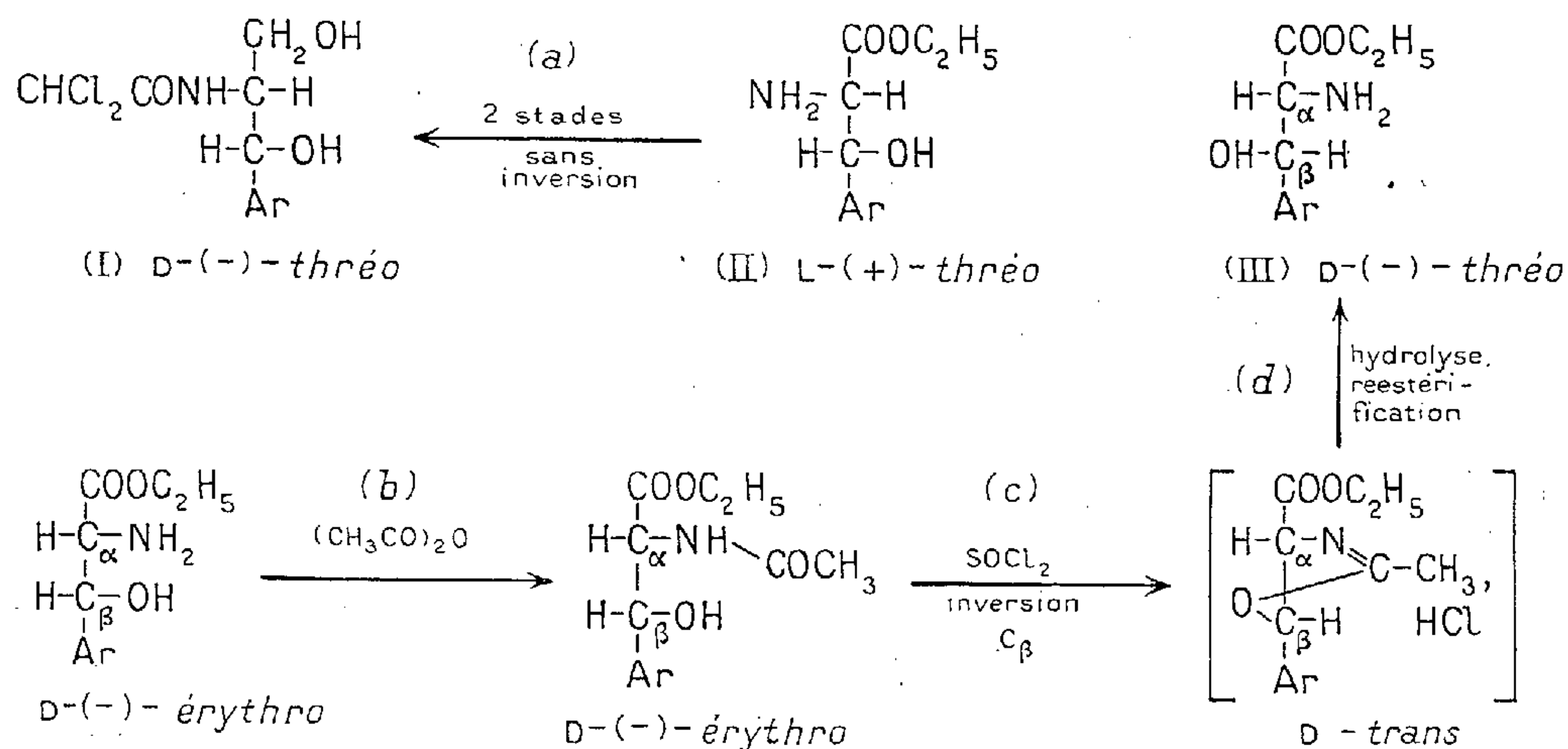
([1]) M. Kopp, H. Larramona et Z. Welvart, *Comptes rendus*, **233**, 1951, p. 527; *voir* également ([7]), ([8]) et D. O. Holland et P. A. Jenkins, *Chem. and Ind.*, 1951, p. 1092.

([2]) Le dédoublement du diastéréoisomère *érythro* a été décrit récemment, mais la configuration des antipodes n'a pas été établie ([8]); signalons que dans un travail que nous a communiqué le Professeur G. Carrara, et qui vient de paraître (G. Carrara, E. Pace et G. Cristiani, *J. Amer. Chem. Soc.*, 74, 1952, p. 4949), cet auteur mentionne, sans les décrire, les antipodes optiques du diastéréoisomère *thréo*.

([3]) I. Elphimoff-Eelkin, H. Felkin et Z. Welvart, *Comptes rendus*, **234**, 1952, p. 1789.

([4]) Dans toutes les formules, Ar=p-NO_2—C_6H_4.

biotique est connue avec certitude ([5]); l'énantiomorphe de départ est donc le L-(+)-*thréo* β-*p*-nitrophénylsérinate d'éthyle (II) ([6]) et son antipode optique possède la configuration D-(—)-*thréo* (III).



Les configurations respectives des énantiomorphes *thréo* étant ainsi établies, il était aisé de déterminer celles de leurs isomères *érythro*. En effet, il a été montré récemment ([7]) qu'il est possible d'inverser la configuration du carbone C_β de l'*érythro* β-*p*-nitrophénylsérinate d'éthyle racémique et d'obtenir ainsi le diastéréoisomère *thréo*. Nous avons montré que l'emploi de la même voie (*b*, *c*, *d*) permet de transformer les énantiomorphes (+) et (—)-*érythro* respectivement en L-(+) et D-(—)-*thréo* β-*p*-nitrophénylsérinate d'éthyle ([4]).

La configuration du carbone C_α, dont dépend la dénomination (D ou L) des α-aminoacides et leurs dérivés, restant inchangée, il s'ensuit que les énantiomorphes (+) et (—)-*érythro* possèdent la même filiation configurative (L et D respectivement) que les dérivés *thréo* auxquels ils conduisent.

Partie expérimentale. — *L'érythro* β-*p*-nitrophénylsérinate d'éthyle a été dédoublé au moyen de l'acide dibenzoyl tartrique ([8]). Les D-(—) et L-(+)-

([5]) M. C. Rebstock, H. M. Crooks, J. Controulis et Q. R. Bartz, *J. Amer. Chem. Soc.*, **71**, 1949, p. 2458; K. Vogler, *Helv. Chim. Acta*, **33**, 1950, p. 2111.

([6]) La chloromycétine [(—)-*thréo* 1-*p*-nitrophényl 2-dichloracétamido 1.3-propanediol] possède la dénomination conventionnelle D car le groupement —CH_2OH de sa molécule est rapporté au même groupement dans la D-sérine. Au contraire, le *thréo*-β-*p*-nitrophénylsérinate d'éthyle de *même* configuration réelle possède néanmoins la dénomination conventionnelle L, car il est logique dans ce cas de rapporter son groupement —$COOC_2H_5$ à la fonction —COOH de la L-sérine.

([7]) G. W. Moersch, M. C. Rebstock, A. C. Moore et D. P. Hylander, *J. Amer. Chem. Soc.*, **74**, 1952, p. 565.

([8]) G. Carrara, G. F. Cristiani, V. d'Amato, E. Pace et R. Pagani, *Gaz. Chim. Ital.*, **82**, 1952, p. 325.

érythro N-acétyl β-*p*-nitrophénylsérinates d'éthyle, $C_{13}H_{16}O_6N_2$, fondent à 85° (bloc), $[\alpha]_D^{20}$ 40° (± 2°) ($c = 4$, méthanol). Nous avons rassemblé dans le tableau les constantes des *érythro* et *thréo* β-*p*-nitrophénylsérinates d'éthyle, $C_{11}H_{14}O_5N_2$, ainsi que celles de leurs chlorhydrates, $C_{11}H_{14}O_5N_2$, HCl. Le dédoublement du diastéréoisomère *thréo*, ainsi que la transformation de l'énantiomorphe L-(+)-*thréo* (II) en chloromycétine (I), seront décrits ultérieurement.

β-*p*-nitro-phényl-sérinate d'éthyle.		Base		Chlorhydrate		
		F (bloc).	$[\alpha]_D^{20}$, $c = 2$, dioxane.		F.	$[\alpha]_D^{20}$, $c = 4$, N HCl.
Érythro...	DL	115° (⁰)	–	DL	189-190° (⁰)	–
	D-(–), L-(+)	102° (⁰)	42° (±4°)	D-(–), L-(+)	167-168°	77° (±2°)
Thréo....	DL	147° (⁰)	–	DL	159-160° (⁰)	–
	D-(–), L-(+)	153°	27° (±4°)	D-(+), L-(–)	147-148°	21° (±2°)

CHIMIE ORGANIQUE. — *Réactions d'oxydation et d'halogénation allyliques de cyano-et carbéthoxy-cyclohéxènes.* Note (*) de MM. **Max Mousseron**, **Robert Jacquier** et **André Fontaine**, présentée par M. Marcel Delépine.

L'influence des groupements CN et $CO_2C_2H_5$ dans des réactions d'oxydation et d'halogénation en série alicyclique a été mise en évidence. La nature du milieu réactionnel intervient également dans le cours des oxydations sélénieuses.

A. *Oxydation du cyano-1 cyclohéxène.* — Le cyano-1 cyclohéxène (I) [1] traité par $SéO_2$ dans l'anhydride acétique à l'ébullition, conduit au cyano-1 acétoxy-3 cyclohéxène, $É_{15}$ 140-145°, donnant par hydrolyse alcaline l'acide-alcool correspondant, $É_{15}$ 130-135°; F 31-32°. L'estérification et l'oxydation acétochromique de ce dernier donnent la carbéthoxy-1 cyclohéxène-1 one-3 (II*a*) $É_{15}$ 115°, Dinitro-2.4 phénylhydrazone (D. N. P.) F 201°. Si l'oxydation de (I) est effectuée dans le xylène à l'ébullition, on sépare la cyano-1 cyclohéxène-1 one-6 (III) $É_4$ 124-125°, D. N. P., F 201-201°,5 et le cyano-1 cyclohéxène-1 ol-3 (IV) $É_4$ 138-140°.

(III) traité par le N-diméthylformamide donne le cyano-1 N-diméthyl amino-6 cyclohéxène, $É_{20}$ 130°; picrate : F 158°, identique à l'amine obtenue en déshalogénant par la diméthylamine le cyano-1 dibromo-1.2 cyclohexane [2].

(⁰) Ces composés ont déjà été décrits.

(*) Séance du 1er décembre 1952.

(1) Ruzicka, *Helv. Chim. Acta*, 9, 1926, p. 402.

(2) Mousseron et Winternitz, *Bull. Soc. Chim.*, 13, 1946, p. 608.

(III) a été hydrolysé puis estérifié en carbéthoxy-1 cyclohéxène-1 one-6 (II*b*); D. N. P., F 228-229° identique à celle préparée selon Kötz ([3]).

(IV) est oxydé par le mélange acétochromique en cyano-1 cyclohéxène-1 one-3 (V) $É_4$ 124-125°, D. N. P., F 196°, qu'un traitement au N-diméthyl formamide laisse inaltérée. Par hydrolyse alcaline de (V) et estérification de l'acide, on isole (II*a*).

L'hydrogénation de (IV) au nickel Raney (100 atm, 120°) donne 25 % d'aminométhylcyclohexane et l'aminométhyl-3 cyclohexanol (VI) $É_3$ 135-140°; F 50-52°; picrate : F 145-148°; styphnate : F 181°, conduisant par désamination nitreuse au méthylol-3 cyclohexanol *cis* ([4]).

L'oxydation acétochromique de (I) dans des conditions ménagées conduit à (III).

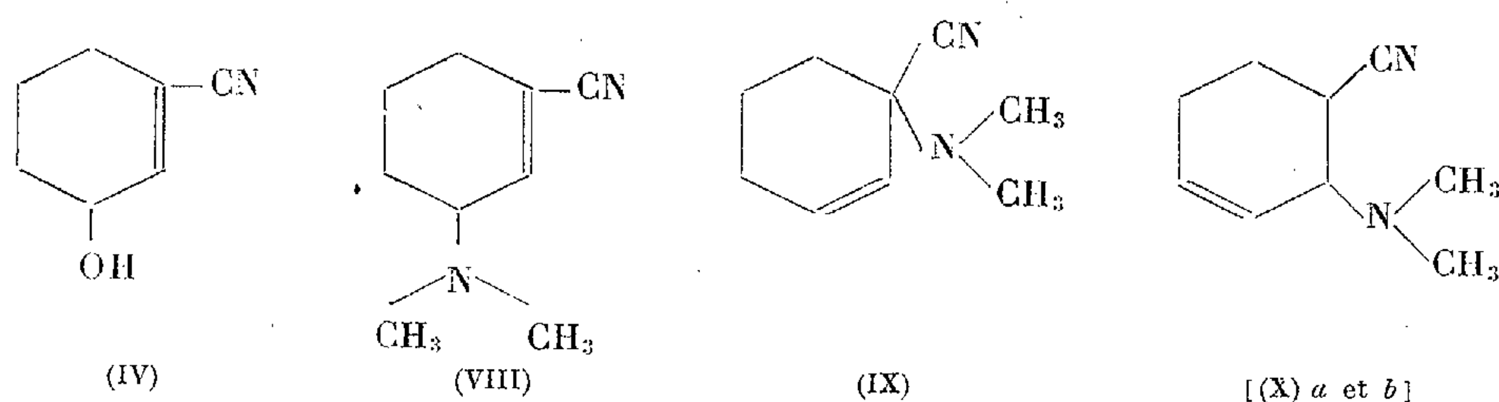
B. *Oxydation du carbéthoxy-1 cyclohéxène* (VII). — Dans l'anhydride acétique, $SéO_2$ transforme (VII) en un mélange d'acétates, $É_{15}$ 135-140°, en positions 3 et 6, identifiés par passage aux deux cétones (II*a*) et (II*b*). Dans le xylène, l'oxydation se produit uniquement en 3.

La cétone (II*a*) est seule obtenue par oxydation acétochromique de (VII)

C. *Halogénation des cyanocyclohéxènes.* — Par action de la diméthylamine sur le dérivé monobromé $É_1$ 105° obtenu en traitant (I) par le N-bromo-succinimide (N. B. S.) ou la N-bromodiméthylhydantoïne, on obtient un mélange, $É_{20}$ 120-122° de N-diméthylamino-3 cyano-1 cyclohéxène (VIII), picrate : F 171° et vraisemblablement de N-diméthylamino-3 cyano-3 cyclo-héxène-1 (IX) : picrate F 136°.

Le dérivé bromé, obtenu en traitant (IV) par PBr_3, déshalogéné par la diméthylamine, donne (VIII), (IX) et un N-diméthylamino-3 cyano-4 cyclo-héxène (X*a*) picrate : F 144°.

Dans les mêmes conditions que pour (I) le cyano-3 cyclohéxène ([5]) conduit aux deux N-diméthylamino-3 cyano-6 cyclohéxènes diastéréoisomères, picrates F 155° et 218-219° et le cyano-4 cyclohéxène ([6]) à la seule amine (X*b*), picrate F 181°, diastéréoisomère de (X*a*).



(IV) (VIII) (IX) [(X) *a* et *b*]

([3]) *Ann. Chem.*, 358, 1908, p. 199; *J. prakt. Chem.*, **80**, 1909, p. 495.

([4]) Clarke et Owen, *J. Chem. Soc.*, 1950, p. 2108.

([5]) Mousseron et Winternitz, *Bull. Soc. Chim.*, 15, 1948, p. 80.

([6]) Petrov et Sopov, *Chem. Abstr.*, **42**, 1948, p. 4957.

Le dérivé dihalogéné, provenant de l'addition du brome sur le cyano-3 cyclohéxène, traité par la diméthylamine, donne un mélange de (VIII), (X*a*) et (X*b*).

D. *Halogénation du carbéthoxy-1 cyclohéxène.* — Par actions successives du N. B. S. et de la diméthylamine, on isole le N-diméthylamino-6 carbéthoxy-1 cyclohéxène, $É_{20}$ 124-125°, picrate F 118°, également obtenu par traitement à la diméthylamine du carbéthoxy-1 dibromo-1.2 cyclohéxane.

CHIMIE ORGANIQUE. — *Les esters aromatiques de l'acide hypochloreux.* Note de MM. **Léon Denivelle** et **Roland Fort**, présentée par M. Marcel Delépine.

Modes de préparation et description d'hypochlorites d'aryle.

C'est déjà en 1885 (1) que T. Sandmeyer a signalé l'existence des hypochlorites d'alcoyle qui apparaissent au cours de différentes réactions de chloruration des alcools, et sont préparés par action sur ceux-ci de l'acide hypochloreux. Dans la série aromatique par contre, la préparation des esters de l'acide hypochloreux, ArOCl, n'a pas encore été décrite. C'est par erreur, en effet, que certains auteurs (2) ont attribué la structure d'esters hypochloreux à des dérivés résultant de la perchloruration des phénols. Toutefois, dans un travail récent P. P. Shorigin et M. I. Gostev (3) établissent par l'étude du spectre Raman qu'un composé examiné par eux est l'hypochlorite de pentachlorophényle, mais ils ne donnent pour ce composé ni mode de préparation ni propriétés chimiques.

Ceci nous incite à signaler que nous avons réussi, dès 1948, à préparer des hypochlorites d'aryle en appliquant à des phénols substitués, une technique analogue à celle mise en œuvre par l'un de nous pour préparer les esters aromatiques des acides chlorosulfurique et chlorosulfureux (4).

Cette technique consiste à transformer les phénols en dérivés métalliques que l'on disperse au sein d'un milieu inerte, saturé de chlore à basse température.

Exemple. — *Hypochlorite de pentachlorophényle* : On sature de chlore à 0°, 800 cm^3 de tétrachlorure de carbone anhydre et l'on introduit dans cette solution maintenue à 0° et sous agitation, une dispersion de 288,5 g (1 mol-g) de pentachlorophénate de sodium dans

---

(1) *Ber. Chem. Ges.*, **18**, 1885, p. 1768; **19**, 1886, p. 859-862.

(2) R. Benedikt, *Monatsch.*, **4**, 1883, p. 231; L. Hugounenq, *Bull. Soc. Chim.*, (3), **2**, 1889, p. 806.

(3) *J. Phys. Chim. U. R. S. S.*, **24**, 1950, p. 938.

(4) M. Battegay et L. Denivelle, *Bull. Soc. Chim.*, **50**, 1932, p. 1195; *Comptes rendus*, **192**, 1931, p. 492.

400 cm³ de tétrachlorure de carbone anhydre; un courant de chlore barbote dans la masse en réaction pendant toute la durée de l'opération. Lorsque celle-ci est terminée, on filtre le gel de chlorure de sodium et l'on concentre sous vide jusqu'à consistance sirupeuse; par addition d'éther de pétrole, il précipite une masse solide jaune foncé, qui est purifiée. L'hypochlorite de pentachlorophényle pur se présente sous la forme de cristaux jaune vif, F 51-52°; $É_{0,25}$ 116-118°.

Nous avons constaté par la suite que certaines méthodes utilisées dans la préparation des hypochlorites d'alcoyle permettent également d'obtenir des hypochlorites d'aryle lorsqu'on substitue aux alcools, des phénols ou leurs solutions dans un solvant inerte.

Exemple. — Hypochlorite d'α-chloro β-naphtyle : On secoue énergiquement dans une ampoule à décanter, pendant 2 mn, à une température inférieure à + 10°, 200 cm³ d'une solution aqueuse de 0,06 mol-g d'acide hypochloreux, avec une solution de 0,045 mol-g d'α-chloro β-naphtol pur dans 200 cm³ de tétrachlorure de carbone. Le solvant se colore intensément en jaune; après décantation, séchage et évaporation à basse température sous vide, il abandonne l'hypochlorite (huile jaune non distillable).

Enfin, d'une manière plus générale, il nous est apparu qu'on peut obtenir des hypochlorites d'aryle par action directe sur les phénols, de chlore ou d'agents chlorurants divers : acide hypochloreux, hypochlorites minéraux, hypochlorites d'alcoyle, chloramines.

Exemple. — Hypochlorite de trichloro 2.4.6-dibromo 3.5-phényle : On introduit lentement 18,5 g (0,05 mol-g) de trichloro 2.4.6-dibromo-3.5-phénol, dans une solution de 5,8 g (0,055 mol-g) d'hypochlorite de butyle tertiaire dans 10 cm³ de tétrachlorure de carbone, portée à une température de 40° et agitée. Lorsque le phénol en suspension a complètement disparu, la solution est concentrée sous vide et le résidu est purifié par cristallisation de l'hexane. Cristaux jaunes, F 96-97°.

Les esters hypochloreux sont très instables lorsqu'ils dérivent de phénols dont les positions ortho ou para sont libres, ils se transposent en chlorophénols isomères. Cette transposition devient difficile à partir des dérivés 2.4.6-trisubstitués; c'est grâce à cela que nous avons pu préparer et isoler les hypochlorites correspondant au pentachlorophénol (A), au trichloro 2.4.6-dibromo 3.5-phénol (B), au pentabromophénol (C), au trichloro 2.4.6-xylénol 3.5 (D), au tétrachloro 2.3.4.6-phénol (E), au trichloro 2.4.6-métacrésol (F), au trichloro 2.4.6-phénol (G), au dichloro 2.6-para-amyltertiaire-phénol (H), à l'α-chloro β naphtol (I).

Tous ces hypochlorites aromatiques sont très solubles dans les solvants organiques; ils sont insolubles dans l'eau qui les hydrolyse très lentement; ils sont détruits instantanément par les solutions aqueuses alcalines. En présence d'iodure de potassium en milieu acide, ils libèrent quantitativement de l'iode, ce qui permet leur dosage. En présence de divers composés organiques : homologues du benzène, phénols, amines aromatiques, éthers-oxydes etc., ils manifestent des propriétés chlorurantes.

			Cl actif		Halogènes totaux			
			calculé.	trouvé.	Cl calculé.	Cl trouvé.	Br calculé.	Br trouvé [5]
A.	C_6OCl_6......	Crist. F 51-52°	23,58	24,08	70,75	70,60	–	–
B.	$C_6OCl_4Br_2$...	» F 96-97°	18,20	18,30	36,40	35,73	41,02	42,16
C.	C_6Br_5OCl...	» F 121-122°	13,56	13,90	6,78	5,34	76,48	78,52
D.	$C_8H_6OCl_4$...	» F 69-70°	27,31	27,50	54,61	53,76	–	–
E.	C_6HOCl_5....	Huile É$_1$ 116°	26,64	25,60	66,60	66,34	–	–
F.	$C_7H_4OCl_4$...	» non distil.	28,86	27,30	57,72	55,63	–	–
G.	$C_6H_2OCl_4$....	» É$_{0,5}$ 103°	30,60	27,62	61,20	60,60	–	–
H.	$C_{11}H_{13}OCl_3$...	» non distil.	26,54	–	39,81	39,74	–	–
I.	$C_{10}H_6OCl_2$....	» non distil.	33,33	33,20	33,33	32,85	–	–

GÉOLOGIE. — *Observations nouvelles lors des sondages récents de Pechelbronn* (Bas-Rhin). Note de M. **Edgar Casel**, transmise par M. Pierre Pruvost.

Les travaux de forage à grande profondeur, à l'Est de l'ancienne concession de Pechelbronn, en direction du Rhin, ont permis de relever de nouvelles observations stratigraphiques et paléogéographiques, qui complètent les données de l'importante Monographie de R. de Schnæbelé, J. O. Haas et C. R. Hoffmann [1]. J'en fais connaître ici l'essentiel.

a. Dans la région de Weitbruch, au Nord-Est de Brumath, un sondage a traversé, avant d'atteindre les couches de la Série Grise du Chattien, 94 m d'alluvions quaternaires dans lesquelles on peut distinguer de haut en bas :

11 m : sable ferrifère ;
42 m : sables rouge et jaune, plus clairs vers la base ;
12 m : argile grise et jaune ;
3 m : bois fossile ;
22 m : argile grise ;
4 m : conglomérat.

Le quaternaire de Pechelbronn avait peu attiré l'attention de mes prédécesseurs.

b. Dans la région de Roeschwoog, un sondage a rencontré les *Couches* dites *de Niederrœdern* entre les profondeurs 12 et 995 m. Constituées par des alternances de marnes bariolées et brunes, elles renferment des *Chara* et des Ostracodes d'eau douce. Sus-jacentes aux marnes à Cyrènes, elles représentent le Chatto-Aquitanien. Le sondage ayant été effectué au trépan, il me paraît prématuré de tenter une division stratigraphique dans l'en-

(5) R. Fort, *Chim. analyt.*, 34, 1952, p. 143-147.

(1) *Mém. Serv. Carte Géol. Als. et Lorr.*, n° 7, 1948.

semble de ces couches. Je signale seulement que leur partie moyenne est riche en nodules d'anhydrite et de gypse et que leur partie inférieure montre des interstratifications de bancs gréseux dont l'épaisseur oscille entre 0,5 et 3 m.

c. Dans la partie de l'Oligocène-Éocène, localement désignée *Zone dolomitique*, il a été possible de suivre, de sondage en sondage, un horizon salifère. Les dépôts lagunaires débutent à Rittershoffen par un banc d'anhydrite qui se transforme progressivement, en direction du Sud-Est, c'est-à-dire vers Soufflenheim, en un banc de sel gemme. La puissance de ce banc de sel passe, en allant du Nord-Ouest vers l'Est de Soufflenheim sur une distance de 3 km, de 10 à 60 m, pour atteindre près de 150 m à Roeschwoog. L'augmentation d'épaisseur de cette formation correspond à une subsidence du bassin de sédimentation.

d. Le *Bajocien supérieur*, représenté à l'Ouest de Haguenau par 35 à 40 m de calcaire oolithique (faciès classique d'Alsace), a été trouvé 15 km plus à l'Est, dans les régions de Roeschwoog et au Sud de Soufflenheim sous un faciès marneux. La puissance totale de l'étage, directement situé sous le niveau d'érosion Tertiaire-Secondaire, est de 50 m. De haut en bas, on observe : 3° 15 m de calcaire marneux à *Rhynchonella*; 2° 25 m de marnes calcaires à Belemnites, *Ostrea*, *Pecten*, *Rhynchonella* et Algues pyritisées; 1° 10 m de lumachelle à *Liostrea acuminata* et *Lima duplicata*. On est ici dans la région d'extension maximum occidentale du faciès souabe marneux du Bajocien supérieur.

e. Dans la région d'Ohlungen, un sondage profond situé à environ 8 km à l'Ouest de Haguenau a rencontré, à 1554 m, le socle hercynien représenté par une *diorite quartzique*. Le sondage avait traversé, avant d'atteindre le socle, environ 110 m de *Grès vosgien supérieur* (apparemment diminué d'épaisseur par le passage d'une faille de 250 m de rejet), 165 m de *Grès vosgien inférieur* et 210 m de *Permien* dont les 150 m supérieurs sont constitués par des grès et les 60 derniers mètres par des conglomérats à éléments de quartz, feldspaths et micas blancs et noirs.

LITHOLOGIE. — *Phénomènes de convergence dans la formation des grès anisométriques*, Note de Mme **Marguerite Rech-Frollo**, présentée par M. Paul Fallot.

Les exemples de phénomènes de convergence sont assez nombreux en pétrographie. Un des plus beaux a été décrit par L. Cayeux pour les craies phosphatées du Nord de la France où la structure bréchoïde se réclame de cinq processus différents [1].

---

[1] *Comptes rendus*, **206**, 1938, p. 392.

Des phénomènes de convergence voisins se retrouvent dans la formation des grès anisométriques, c'est-à-dire dont les grains de quartz n'ont subi aucune sélection mécanique, et présentent des contours anguleux ou subanguleux.

La structure anisométrique est liée à des milieux sédimentaires variés et les grès, ou les sables non consolidés qui les précèdent, ne peuvent servir eux-mêmes de base à un diagnostic; il faut toujours prendre en considération le dépôt tout entier.

L'étude des phénomènes de convergence, dans ce cas, nous conduit ainsi à des considérations paléoocéanographiques du plus grand intérêt.

Actuellement, l'anisométrie des grains de quartz semble être l'exclusivité des alluvions déposées sur le continent ou entraînées à une certaine distance sous la mer.

Pourtant la mer elle-même, dans des conditions déterminées, peut donner naissance à des sédiments quartzeux où la morphologie des grains est identique à celle des alluvions. D'après L. Berthois, ce phénomène peut même être dû à deux causes différentes : soit à une érosion très faible ne se produisant qu'au moment des marées d'équinoxe ([2]), soit à une très grande jeunesse de matériel (Norvège) ([3]).

Dans les séries anciennes, trois formations gréseuses importantes sont caractérisées par une structure anisométrique. Ce sont : les grès houillers, le flysch et la molasse.

Chacun de ces dépôts s'est formé dans un milieu différent :

Grès houillers. — Ceux des formations limniques peuvent s'identifier aux grès fluviatiles, mais une partie de ceux des bassins paraliques (comme certains horizons du Stéphanien du bassin franco-belge, par exemple), se réclament d'un régime lagunaire.

Flysch. — Les grès anisométriques se forment dans un bassin marin soumis au régime d'orogenèse.

Molasse. — Ici, les grès anisométriques font suite à ceux du flysch, mais leurs conditions paléoocéanographiques de formation ne sont plus les mêmes; elles rappellent plutôt celles des grès anisométriques de certaines formations houillères paraliques, avec la grande différence, toutefois, que dans le cas de la molasse, les phénomènes postorogéniques jouent un très grand rôle.

Parmi les régimes sédimentaires actuels et anciens qui engendrent une anisométrie du quartz, le milieu continental est le plus homogène, en ce sens qu'il ne donne que des grès anisométriques à quelques exceptions près. C'est la raison pour laquelle d'ailleurs, on est si souvent porté à

([2]) *Bol. Soc. Geol. Portugal,* VIII, 1949, p. 56.

([3]) *Bull. Soc. Géol. Fr.*, VI, 1952, p. 19-27.

attribuer à des apports fluviatiles en milieu marin tout, ou presque tout sédiment gréseux ancien à caractère anisométrique. En réalité, la mer peut, sous l'influence de causes très diverses — marée d'équinoxe, jeunesse du matériel, régime paralique spécial, régime marin d'orogenèse, régime lagunaire postorogénique — avoir une action identique à celle des fleuves sur le matériel détritique. Cette action se traduit par *une ébauche de préparation mécanique seulement.*

On conçoit l'intérêt qu'offre aux pétrographes le problème ainsi posé : un vaste domaine d'exploration s'ouvre devant eux, pour déterminer, dans chaque cas envisagé, quelles ont été les causes qui, à un moment donné, ont créé des conditions fluviatiles en milieu marin.

GÉOGRAPHIE PHYSIQUE. — *Distinction de deux types d'avens sur les Plans de Canjuers (Var).* Note de M. **Philippe Renault**, transmise par M. Pierre Pruvost.

Avens de corrosion, creusés par dissolution pure, débouchant accidentellement en surface. Avens d'érosion, anciens avens de corrosion agrandis par érosion mécanique, débouchant toujours en surface.

De 1950 à 1952, l'Électricité de France a organisé plusieurs campagnes de prospection spéléologique pour préciser l'étanchéité de la retenue du futur barrage de Sainte-Croix du Verdon. Au cours des travaux, dirigés par M. Crosnier-Leconte, chef du Service Géologique et en collaboration avec MM. Decelle, Rast, Beranger, Pastor, nous avons été amené à distinguer deux types d'avens.

L'aven du premier type, en principe, ne s'ouvre pas en surface. Les avens du Puits (Coordonnées Lambert : 921,12 × 164,68) (1) et de la Nouguière n° 4 (C. L. : 921,82 × 161,50) furent découverts par élargissement à l'explosif d'une fissure du lapiaz. Les puits présentent une section horizontale anguleuse, avec lames rocheuses retenues par de minuscules pédoncules à des parois couvertes de cupules ou montrant des plaquages de brèches formées d'un ciment argileux contenant en suspension des blocs atteignant 20 cm d'arête.

L'aven du deuxième type s'ouvre toujours en surface. Le Grand Aven de Canjuers (C. L. : 920,24 × 163,06) commence par un entonnoir de 6 × 15 m. Les galeries sont accidentées de surcreusements et marmites de géant. Les parois montrent des érosions « en vague » (R. de Joly) attribuables au striage (2).

---

(1) Carte I. G. N. 1/50 000 en couleur, n° XXXIV-43 de Salernes.

(2) M. Lugeon, *Ann. Géogr.*, 23-24, 1915, p. 385-393 et R. de Joly, *Rev. Geo. Phys.*, 6, 1933, p. 66.

La genèse d'un aven du premier type peut être attribuée à un processus de dissolution pure. L'absence d'ouverture en surface et la présence de lames rocheuses et de brèches permettent d'éliminer l'érosion mécanique. La formation de l'aven est due à l'existence d'une zone fracturée à l'intérieur de laquelle le niveau aquifère oscille verticalement, la limite supérieure d'oscillation déterminant le sommet d'une cheminée.

Le deuxième type peut être considéré comme un aven de dissolution agrandi par érosion mécanique. Cette dernière se manifeste par les surcreusements de pied de cascade, par les galeries accidentées de petites marmites de géant, ou profilées en conduite forcée ([3]). Les grands puits de large section conservent un plan anguleux et leurs parois sont souvent couvertes de cupules.

Cette interprétation s'apparente à la « Two Cycle Theorie » de Davis ([4]) qui aurait baptisé les avens de corrosion « avens de network » et les avens d'érosions « avens de branchwork ». Nous rejoignons également une interprétation de A. Cavaillé ([5]), d'après laquelle les avens se forment dans la masse rocheuse et ne s'ouvrent au jour que tardivement. Cet ensemble cohérent d'interprétations nouvelles ne laisse plus qu'un intérêt historique à l'hypothèse d'E.-A. Martel assimilant la majorité des avens à de gigantesques marmites de géant, à l'exception de 10 % d'entre eux résultant simplement d'effondrements.

La nouvelle distinction apportée ici conduit à modifier cette nomenclature et permet de définir les avens d'effondrement, les avens d'érosion et les avens de corrosion. Cette nomenclature « génétique » repose sur des critères descriptifs précis.

Pratiquement, il est quelquefois difficile de classer, à première vue, un gouffre dans l'une de ces catégories. Chacun des types morphologiques définis ci-dessus correspond à la prédominance de l'un des trois mécanismes de creusement d'un aven. Localement, des variations de structure modifient les processus de creusement. Le Grand Aven de Canjuers, aven d'érosion, présente des secteurs où les marques de corrosion sont seules visibles et d'autres où les effondrements prédominent. Dans le cas d'une cavité de quelques mètres, l'interprétation restera hypothétique. Si l'aven est profond, un examen détaillé permettra toujours de déterminer la nature du mécanisme ayant joué un rôle prépondérant dans le creusement de la cavité.

([3]) P. Chevalier, *Rev. Géogr. Alpine*, 32, 1944, p. 475.

([4]) W. M. Davis, *Bull. Geol. Soc. Amer.*, 41, 1930, p. 475-628.

([5]) A. Cavaillé, *Rev. Géogr. Pyr. et S. O.*, 7, 1936, p. 392-400.

GÉOPHYSIQUE. — *Effets de l'éclipse solaire du 25 février 1952 sur la région ionosphérique* F2 *en Afrique Équatoriale.* Note (*) de M. **Stéphane Estrabaud**, présentée par M. Pierre Lejay.

Divers documents, relatifs à l'ionosphère équatoriale, amènent à présenter la région F2 comme formée de deux « couches » distinctes, situées à des niveaux assez voisins pour s'interpénétrer largement (nous appelons ici ces deux « couches » composantes « X » et « G »). Le comportement de la région F2 au cours de l'éclipse de Soleil du 25 février 1952, révélé par des sondages effectués à Bangui (A. E. F., 4° Nord, 19° Est), vient confirmer cette façon de voir.

L'éclipse commence au sol à 7 h 3 m (1), est totale de 8 h 20 m à 8 h 23 m, terminée à 9 h 48 m. Elle est presque totale au niveau de F2. L'évolution est la suivante :

1° Vers 5 h, la croissance rapide de la fréquence critique, à mesure que le Soleil monte au-dessus de l'horizon, se ralentit brusquement, bien que les valeurs de fo F2 ne sortent pas de la normale.

2° Du 1er au 2e contact (7 h-8 h 20 m environ), la fréquence critique décroît légèrement. Cette évolution se poursuit jusqu'à 8 h 30 m et la fréquence critique reste alors presque constante, quoique avec de petites variations, jusqu'à 10 h 20 m. A 8 h 30 m, foF2 est égal à 7,75 Mc/s au lieu de 8,90 (valeur médiane des 10 jours encadrant l'éclipse). La chute de fréquence critique, qui se produit habituellement d'environ 8 h 30 m à 10 h ne se produit pas ce jour-là et même, à 9 h 50 m, fo F2 dépasse légèrement la médiane des jours de contrôle.

3° A 8 h 40 m, une nouvelle couche apparaît dans F1, avec une fréquence critique ordinaire d'environ 3,5 Mc/s. Elle se développe progressivement et, à partir de 10 h 20 m, elle occulte F2, dont elle prend la place *à titre définitif*. A 11 h, elle atteint la valeur habituelle de foF2 (8,5 Mc/s). On doit l'identifier avec la couche analogue (« nouvel F2 ») observée à Huancayo lors de l'éclipse partielle du 25 janvier 1944. Ces deux éclipses se ressemblent d'ailleurs étroitement.

4° La stratification révélatrice de la couche G, visible sur les sondages de 6 h 30 m, 6 h 40 m et 6 h 50 m, disparaît sur celui de 7 h et ne reparaît plus de la journée, alors qu'elle est normalement visible plusieurs heures par jour.

Les courbes donnant, pour diverses valeurs de la densité électronique, les hauteurs vraies en fonction du temps entre 10 h et 11 h prouvent que le

(*) Séance du 1er décembre 1952.

(1) Les heures sont exprimées en « Temps universel ».

retour à la normale est beaucoup plus rapide à la base du « nouvel F2 » que dans les régions élevées. Le calcul montre qu'alors la phase d'obscuration doit elle aussi montrer une inertie des régions supérieures, toujours en retard sur les inférieures. Cependant, entre 7 h et 8 h 10 m, la hauteur du maximum d'ionisation n'augmente pas, sans que cette discordance puisse être expliquée par un hypothétique abaissement de température, que les autres caractéristiques des sondages infirment. Il semble donc qu'il faille admettre que la région F2 soit constituée par deux composantes (« X » et « G »), partiellement interpénétrées, la composante inférieure subissant seule un effet d'éclipse appréciable. On assisterait donc aux phases suivantes :

1° État normal : X et G, mélangés, donnent l'apparence d'une couche épaisse, avec parfois une légère stratification.

2° Obscuration : l'ionisation de X décroît et X se fond dans G (7 h-8 h 20 m).

3° Début de la réillumination : l'ionisation de X reparaît et les régions basses de X se confondent avec F1 (8 h 20-8 h 40 m).

4° Fin de la réillumination : X se sépare de F1, et reprend progressivement son allure normale. L'évolution étant toujours plus rapide à la base qu'au sommet, le trou qui sépare X de G (et des résidus de X mélangés à G) ne se comble que lentement et les deux couches apparaissent nettement séparées (8 h 40-11 h).

Le peu de sensibilité de G à l'éclipse est manifeste. Entre le premier et le deuxième contact, foF2 décroît lentement, de 7 h 20 m jusqu'à environ 8 h 30 m. S'il s'agissait d'un phénomène optique, on devrait assister, entre le troisième et le quatrième contact, à *une remontée* plus ou moins progressive de cette fréquence critique. Or, il n'en est rien, et un effet possible de variation de température, qui masquerait cette remontée, ne cadre pas avec l'évolution de h'X. On est donc amené à admettre que l'effet de l'éclipse sur l'ancien F2, s'il existe, est terminé à 8 h 30 m, et peut être même à 7 h 20 m.

On peut rechercher la cause de cette insensiblité de l'« ancien F2 » à l'éclipse optique dans deux directions :

1° La couche G traduirait la présence d'une réaction chimique à recombinaison très lente, superposée, aux niveaux où G et X s'interpénètrent, à une réaction à recombinaison plus rapide mais à taux de production d'ions plus élevé.

2° L'ionisation « G » serait due soit à un rayonnement coronal, soit à un rayonnement corpusculaire.

Dans le cadre de la deuxième hypothèse, le petit accident de 5 h est peut-être significatif. S'il s'agissait d'une éclipse coronale, la zone active s'étendrait jusqu'à une distance du centre du Soleil égale à 4,5 fois le rayon

solaire, ce qui semble invraisemblable. L'hypothèse corpusculaire, plus satisfaisante, permet d'interpréter clairement certaines ressemblances ou dissemblances entre l'éclipse de Bangui et celle de 1944 à Huancayo. On peut en effet identifier l'accident de 5 h à Bangui avec celui de 7 h à Huancayo. Ceci admis, l'évolution de l'« ancien F2 » peut très bien s'expliquer en invoquant des corpuscules présentant une répartition des vitesses relatives analogue à Huancayo et à Bangui, mais anormalement rapides à Huancayo.

OCÉANOGRAPHIE. — *Coupes transversales de la Mer Rouge. Contribution aux théories de formation des récifs coralliens.* Note de M. **Wladimir Nesteroff**, transmise par M. Pierre Pruvost.

Les coupes transversales continues présentées ici ont été levées au sondeur ultra-sonore R. C. A. entre le 19e et le 25e parallèle Nord, par le bâtiment océanographique *Calypso* durant la campagne d'hiver 1951-1952.

La coupe K. L. M. [1], la plus intéressante, se décompose en deux parties remarquables.

Dans la région E, située à peu près au milieu de la Mer Rouge, un fossé central atteint une profondeur maxima de 2 240 m. Les versants de celui-ci paraissent disposés en marches d'escalier séparées par des abrupts (failles ?). Sur les coupes G. H. et I. J., on retrouve ce même fossé, qui apparaît aussi, au Nord et au Sud, sur les cartes marines.

La région Ouest est un plan incliné dans la partie médiane duquel s'observe un synclinal large de 35 km environ, dont la profondeur maxima atteint 640 m. Un seuil de 380 m de profondeur le sépare du fossé central.

Une telle disposition se conçoit facilement si l'on admet une subsidence du flanc Ouest du fossé central : ancien plateau continental, qui s'approfondit graduellement dans sa partie Ouest et se relève vers l'Est.

Du fond de ce synclinal s'élèvent dix pinacles de largeur variable, mais dont les parois sont absolument verticales.

Par comparaison avec des formes analogues du Sahul Shelf [2] et étant donné qu'on ne peut trouver à ces pinacles aucune autre origine, nous les

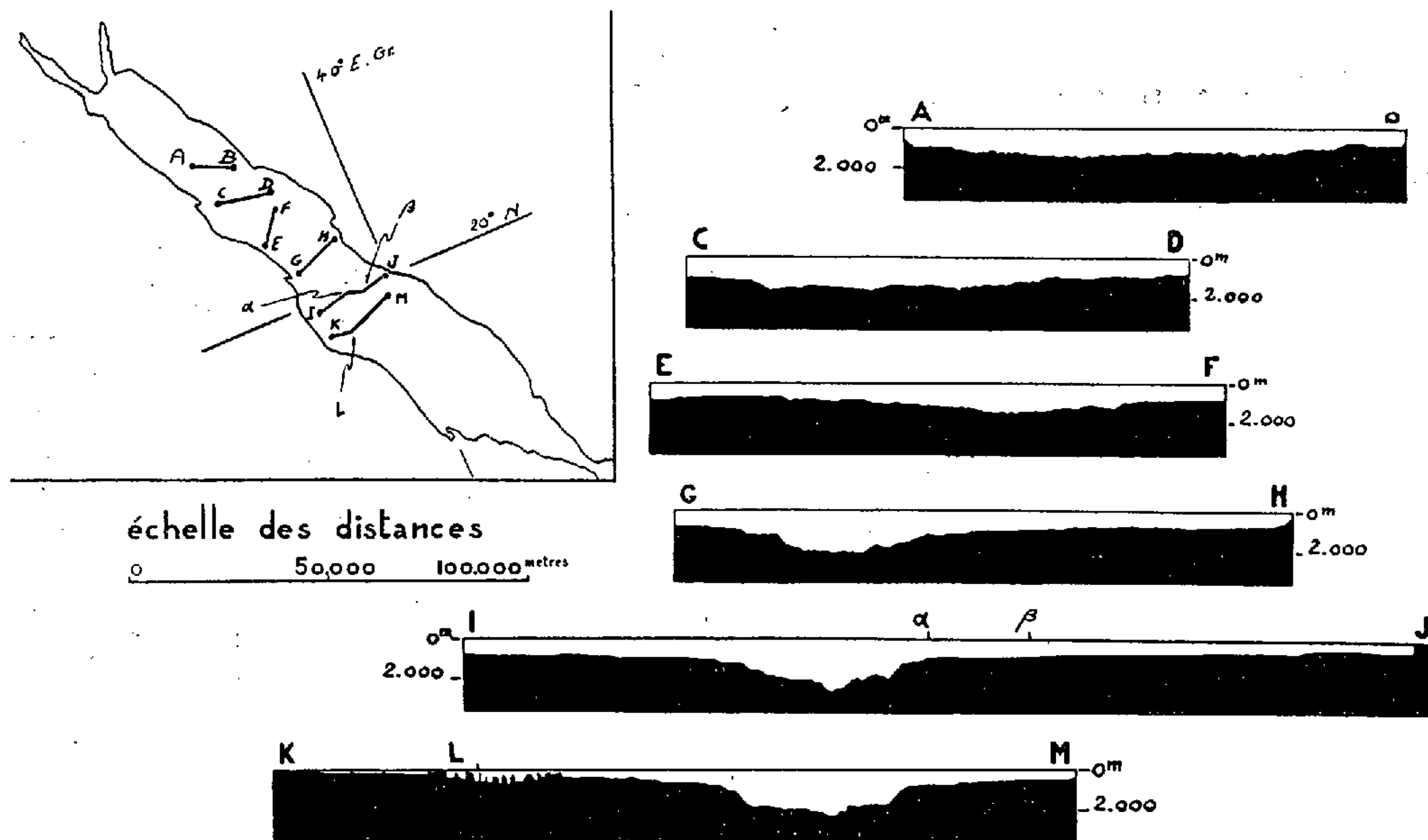
---

[1] *Position des points.* — A : L = 24°25′ N, G = 35°51′E; B (24°29′-37°04′,5); C (23°42′,5-36°11′); D (23°29′-37°27′); E(22°04′-36°55′); F (23°02′-37°43′,5); G (21°02′,5-37°42′); H (21°36′-39°01′,5); I (19°46′,5-37°40′); α (19°54′,5-38°50′,5); β (19°53′-39°06′); J (20°00-40°05′,5); K (18°56′-37°45′); L (18°59′,5-38°14′,5); M (19°29′-39°37′).

[2] Il est intéressant de rapprocher cette coupe du schéma des îles Adèle-Browse-Cartier du Sahul Shelf (C. Teichert, R. W. Fairbridge, *Geog. Rev.*, 38, n° 2, 1948, p. 222-249) qui, bien que moins complet et non continu, montre des phénomènes analogues.

avons interprétés comme des constructions madréporiques, bien qu'il nous ait été impossible d'y effectuer des prises d'échantillons.

La largeur de ces édifices varie de 0,4 à 4 km; sur les bords du synclinal, ils atteignent la surface, mais au centre ils s'arrêtent vers — 250 m.



Coupes transversales de la Mer Rouge. — Les profondeurs sont exagérées 5 fois. Le carton indique la position des coupes.

Quelle que soit la cause de la subsidence, elle semble avoir eu pour conséquence un brusque développement des édifices coralliens qui sont bien plus élevés au centre du synclinal et sur ses flancs que sur la pente non déprimée du plateau continental. Les coraux paraissent avoir cherché à atteindre la surface; s'ils y parviennent sur les bords du synclinal, ils ont été gagnés de vitesse dans l'axe de celui-ci où une fois la profondeur vitale dépassée, la mort des madréporaires a figé les pinacles.

Il semble que cette coupe apporte un argument en faveur de la subsidence [3] et de l'instabilité tectonique dans les facteurs de développement des récifs coralliens, quel qu'ait pu être l'effet d'une oscillation du niveau marin dû à la rétention des eaux par les glaces comme l'avait avancé Daly [4].

La stratigraphie, par voie déductive, a souvent invoqué de tels phénomènes dans les mers du passé. Elle fait appel au gauchissement et à l'affais-

---

(3) Ch. Darwin, *Les récifs de corail, leur structure et leur distribution*, 1876.
(4) *Amer. J. Sc.*, (4), 30, 1915.

sement de certaines portions des plate-formes occupées par les mers épicontinentales, pour y expliquer l'accumulation des sédiments ([5]). Et, par exemple, au Crétacé inférieur, le mécanisme qu'elle invoque pour rendre compte des puissantes formations récifales (calcaires urgoniens) dans les Chaînes subalpines et le Jura, c'est-à-dire sur la plate-forme qui dominait l'avant-fosse alpine, rappelle de façon frappante ce que nous observons actuellement en Mer Rouge.

PHYSIOLOGIE VÉGÉTALE. — *Variations quantitatives du phosphore total, du phosphore des acides ribo- et désoxyribo-nucléiques dans l'axe hypocotylé de* Phaseolus vulgaris *au cours de la germination normale, du jeûne glucidique après ablation des cotylédons et de la régénération cellulaire* ([1]). Note de MM. **Maurice Hocquette**, **Jean Montreuil** et **Serge Paul**, présentée par M. Roger Heim.

Maurice Hocquette et Victor Prudhomme ont précédemment décrit des aspects nucléaires dans l'axe hypocotylé de *Phaseolus vulgaris* L., soit pendant la germination normale, soit au cours du jeûne glucidique et des diverses étapes de la régénération cellulaire. Ils ont observé que les noyaux quiescents sont caractérisés, par rapport aux noyaux en interphase des méristèmes, par un enrichissement en substance chromatique, qui se manifeste par la formation des nucléoles et surtout d'amas chromatiques surnuméraires, et qui est en relation avec l'activité trophique des cellules. Ils ont constaté que le nombre de granulations et la masse de substance chromatique se trouvent réduits au minimum à la fin du jeûne glucidique et qu'ils deviennent relativement considérables pendant la croissance, sur un milieu saccharosé, au cours de la régénération cellulaire. Ils ont conclu que dans les axes hypocotylés issus de germination et dans ceux dont les cellules sont en régénération, l'accumulation de substance chromatique en granulations plus nombreuses que les chromocentres normaux marquerait l'hyperactivité de la synthèse protidique et pourrait correspondre à une localisation momentanée d'acide thymonucléique.

Nous avons effectué, par la méthode de W. C. Schneider modifiée pour être adaptée aux tissus végétaux, des analyses de phosphore total, de phosphore d'acide ribo- et d'acide désoxyribonucléique sur des axes hypocotylés aux mêmes stades de développement et placés dans les mêmes conditions que précédemment.

([5]) M. Gignoux, *Géologie stratigraphique*, 5e édit., p. 4, fig. 1, 1950.

([1]) Il est précisé que le « Phosphore total » correspond ici uniquement à l'ensemble du P des acides ribo- et désoxyribonucléiques (méthode de W. C. Schneider).

Chaque résultat d'analyse considéré se rapporte à 100 axes.

On constate d'abord que dans les axes hypocotylés isolés des embryons des graines, le phosphore de l'acide désoxyribonucléique représente le 1/15 environ du phosphore total et de celui de l'acide ribonucléique.

Dans les plantules produites en germination normale, cotylédons non détachés, sur eau distillée, les quantités de phosphore total des axes hypocotylés diminuent progressivement, mais très légèrement; elles ont baissé de 1/6 le 5° jour. Celles de l'acide désoxyribonucléique restent *constantes*, aux petites erreurs de dosage près.

Pour les axes hypocotylés séparés de la plantule, soumis au jeûne sur l'eau distillée pendant 7 jours, puis à une nutrition glucidique sur une solution de saccharose pendant 48 h et, enfin, placés de nouveau pendant 4 jours sur eau distillée, la quantité de phosphore total diminue comme précédemment d'une façon continue, mais beaucoup plus marquée (du tiers en 5 jours) et il ne reste, à la fin de l'expérience, que 1/8 du phosphore existant à l'origine. Cependant, au début de la nutrition glucidique (7ᵉ à 8ᵉ jour), la quantité de phosphore total semble se stabiliser momentanément. Le phosphore de l'acide ribonucléique subit des fluctuations parallèles à celles du phosphore total. Enfin, la quantité de phosphore de l'acide désoxyribonucléique reste *constante*, avec les mêmes réserves que précédemment.

Par conséquent, quelles que soient les conditions physiologiques envisagées où se trouvent placés les axes hypocotylés, le taux du phosphore total ou du phosphore de l'acide ribonucléique diminue régulièrement alors que celui de l'acide désoxyribonucléique se maintient à la même valeur. L'apport de glucides après le jeûne retarde seulement et provisoirement la diminution du taux du phosphore total et du phosphore ribonucléique.

Les résultats de ces analyses biochimiques font apparaître une consommation rapide de l'acide ribonucléique pendant le jeûne, une destruction de protides phosphorés vivants cytoplasmiques et nucléolaires.

Les phénomènes d'anabolisme et de catabolisme provoqués montrent la grande vulnérabilité de l'acide ribonucléique dans la dénutrition, mais aussi l'invulnérabilité de l'acide désoxyribonucléique. Ils montrent, d'autre part, le maintien du taux de cet acide en période de nutrition. La constance de ce taux en dépit des modifications du métabolisme apparaît ainsi comme un caractère cellulaire fondamental.

Mais si l'on compare ces résultats chimiques aux observations cytologiques, on est amené à opposer la stabilité de l'acide désoxyribonucléique aux phénomènes de lyse et de synthèse protidiques observés morphologiquement et cytologiquement : diminution ou augmentation du nombre et de la masse des amas chromatiques dans le noyau quiescent. En consé-

quence, il faudrait peut-être admettre que l'acide désoxyribonucléique, sans se transformer, interviendrait dans l'élaboration et participerait même momentanément à la constitution de la substance chromatique mise en évidence par les méthodes cytologiques et constituant des masses qui correspondent aux prochromosomes normaux, prochromosomes surnuméraires et globules chromatiques de tailles diverses.

PHYSIOLOGIE VÉGÉTALE. — *Recherches sur la croissance des plantes virosées. II : Influence des facteurs d'environnement.* Note de M. **Jean Pavillard**, présentée par M. Raoul Combes.

L'instauration du nanisme se fait en deux temps : un premier, spécifique de l'activité du virus, débute avec la première apparition des symptômes; le second est conditionné par les facteurs d'environnement.

Une Note précédente (¹) a montré que, chez des Tomates infectées expérimentalement avec le virus de la Mosaïque du Tabac, *avant que la panachure typique soit décelable*, on enregistrait un ralentissement de la croissance accompagné d'une diminution sensible de la teneur en auxine. La durée de l'incubation et les symptômes étant fonction de la saison, l'âge des plantes lors de l'inoculation pouvant également intervenir (²), il importait de vérifier que dans des conditions expérimentales différentes on obtiendrait les mêmes résultats.

Suivant le mode opératoire décrit (¹), j'ai réalisé quatre séries d'expériences avec des plantes issues du même lot de graines de Tomate « *Merveille des Marchés* » et le même stock de virus de la Mosaïque du Tabac :

1 (21 mars-24 avril 1952) : 6	feuilles	étalées;	inoculation	6ᵉ	feuille;	
2 (22 mars-24 avril 1952) : 3-4	»	»	»	3ᵉ	»	
3 (5 mai-22 juin 1952) : 7	»	»	»	7ᵉ	»	[*voir* (¹)];
4 (16 juin- 6 juillet 1952) : 4	»	»	»	4ᵉ	»	

Les séries 1 et 2, *au début du printemps*, présentaient des réductions considérables des limbes néoformés avec production de « feuilles filiformes » (³) et mosaïque peu visible. En *début d'été*, les séries 3 et 4 n'ont montré qu'une faible réduction des surfaces assimilatrices avec, par contre, une panachure très accentuée.

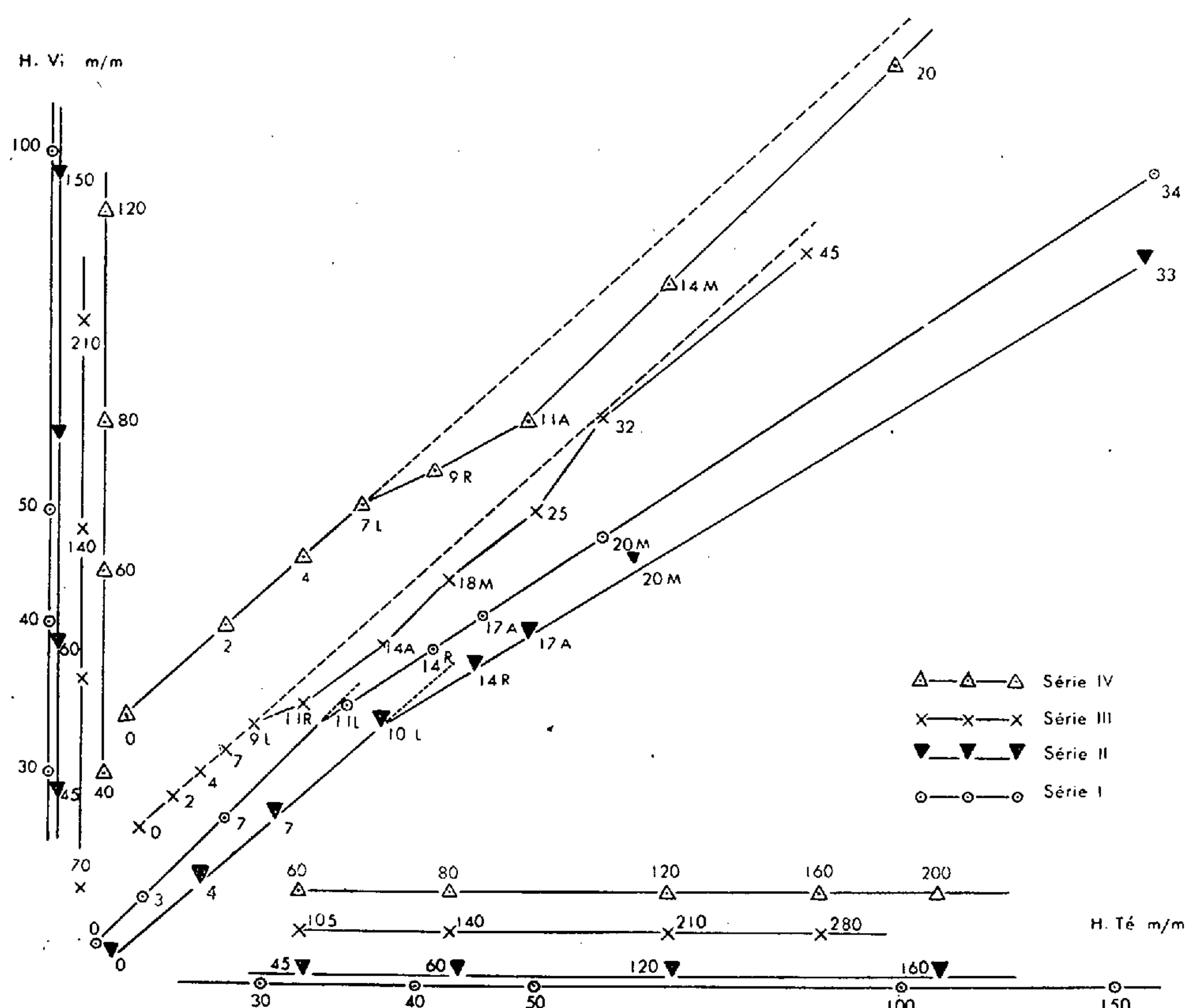
Dans les séries 1 et 2, la différence de taille entre plantes saines et plantes

(¹) *Comptes rendus*, 235, 1952, p. 87.

(²) G. Ainsworth, *Ann. Appl. Biol.*, 20, 1953, p. 421-428; J. Caldwell, *ibid.*, 21, 1934, p. 206-224.

(³) Heuberger et Norton, *Univ. Maryland. Agric. Exp. Sta. Bull.*, 345, 1933, p. 447-486.

virosées s'accroît constamment avec le temps; dans les séries 3 et 4, la différence de taille atteint rapidement une valeur maximum, les deux lots croissant ensuite parallèlement.



L : apparence légèrement anormale; R : premiers symptômes typiques = rugosité des jeunes feuilles; A : aggravation, malformations foliaires importantes au printemps; M : panachure mosaïque.

La figure réunit les courbes de croissance comparée, chaque courbe exprimant pour une série déterminée les variations du rapport *hauteur des plantes virosées/hauteur des témoins*, en coordonnées logarithmiques ([4]). On constate l'existence de *deux groupes* distincts :

a. Séries 1 et 2 : une *seule* rupture de pente en L, premier stade décelable de la maladie, montre qu'à ce moment la vitesse de croissance des plantes virosées change brusquement et définitivement de valeur.

b. Séries 3 et 4 : après un décrochement sensiblement parallèle à celui du premier groupe au même point L, une *restauration* s'effectue plus ou moins totalement en A; la croissance, ralentie à l'apparition des premiers symptômes, retrouve son rythme initial.

([4]) Fardy, Schwartz et Cuzin, *Ann. Inst. Exp. Tabac Bergerac*, 1, 1950, p. 63-77.

On doit donc considérer, dans l'instauration du nanisme des plantes virosées, au moins deux phases :

1° *Une phase initiale* très précoce, correspond au moment où, le virus ayant achevé son expansion, les premiers symptômes apparaissent. La vitesse de croissance diminue sensiblement et de façon analogue dans toutes les séries *indépendamment des conditions expérimentales* et de l'âge des plantes inoculées.

2° Par la suite, *en fonction de la réduction de la surface assimilatrice* développée depuis le moment où le virus s'est installé dans le bourgeon terminal, on assiste soit à une *restauration* du rythme normal de croissance (*b*), soit à la persistance du rythme ralenti (*a*). *Cette deuxième phase du nanisme*, qui peut se confondre avec la continuation de la première phase (groupe *a*), est *entièrement conditionnée* par les *facteurs écologiques* tels que lumière et température qui régissent les modalités d'action des virus. Il n'est pas exclu de penser qu'en agissant convenablement sur ces facteurs on puisse, à volonté, passer d'un type de nanisme à l'autre.

CYTOLOGIE VÉGÉTALE. — *Fixation et coloration extemporanée du chondriome à l'aide d'un réactif à l'orcéine trichloracétique*. Note de M. **Guy Deysson**, présentée par M. René Souèges.

Un réactif à l'orcéine trichloracétique permet la coloration directe du chondriome, sans différenciation. Il peut être utilisé pour l'étude du chondriome des cellules méristématiques au moyen d'une technique par dissociation, aussi simple que les techniques d'étude des chromosomes à l'aide de solutions acétiques de colorants.

On connaît le succès des techniques rapides d'étude du noyau et de la mitose par dissociation des cellules, permettant, avec un minimum de manipulations, l'étude des chromosomes dans des cellules entières; ces techniques sont à l'origine de beaucoup de recherches modernes de cytologie expérimentale. Mais, tous les réactifs proposés (réactifs au carmin de Belling, à l'orcéine de La Cour, etc.) renferment une forte proportion d'acide acétique et bouleversent, par conséquent, la structure du cytoplasme, détruisant, en particulier, le chondriome. Pour l'étude de celui-ci, on était donc obligé de continuer à utiliser des techniques longues et ne présentant pas une sécurité absolue (techniques de Regaud, d'Altmann, etc.).

Cherchant à réaliser la fixation et la coloration du chondriome dans des conditions comparables à celles qui permettent l'étude des chromosomes, nous avons pu obtenir des résultats satisfaisants en utilisant l'acide trichloracétique. Les recherches de Mascré (¹) ont établi, en effet, qu'une

(¹) M. Mascré, *Comptes rendus*, 185, 1927, p. 866 et 188, 1929, p. 811.

solution d'acide trichloracétique à 2 %, employée en même temps que le formol, permet une bonne fixation des chondriosomes, bien que le pH de cette solution soit très acide.

1. Un réactif préparé en dissolvant, par trituration au mortier, 1 % d'orcéine dans une solution d'acide trichloracétique à 20 %, permet, très facilement, de mettre en évidence le chondriome qui, fixant fortement l'orcéine, apparaît presque coloré en noir. La coloration peut être effectuée rapidement, en chauffant modérément; nous avons obtenu aussi d'excellents résultats à froid : dans ce cas, le chondriome, déjà visible après 2 h de coloration, est particulièrement net après 24 h. Bien que nous ajoutions à notre réactif, au moment de l'emploi, 1/10[e] d'acide chlorhydrique N, la dissociation des cellules est moins aisée qu'avec l'orcéine acétique; elle permet cependant d'obtenir, dans de nombreuses régions de la préparation, un étalement d'épaisseur unicellulaire. Un autre réactif, préparé avec une solution d'acide trichloracétique à 5 %, nous a donné de moins bons résultats.

2. Le réactif précédent, s'il colore parfaitement le chondriome, a l'inconvénient d'altérer le cytoplasme qui apparaît granuleux et assez sombre. Nous avons essayé d'y remédier par une fixation préalable et nous avons obtenu de bons résultats avec le formol neutralisé. La coloration du chondriome est alors identique, mais l'aspect général de la préparation est nettement meilleur : le cytoplasme est moins foncé, moins grossièrement coagulé; les contours du noyau sont beaucoup plus nets et les mitoses sont facilement reconnaissables. La solution officinale de formol doit être utilisée diluée (de 20 à 5 %); un contact de 30 mn est suffisant, mais il peut être prolongé sans inconvénient jusqu'à 24 h. Nous avons aussi obtenu des résultats très satisfaisants avec une solution saturée de chlorure mercurique qui, d'après les travaux récents de Policard, Bessis et Bricka (2), serait un des meilleurs fixateurs du cytoplasme. Enfin, on peut pratiquer également la coloration à l'orcéine trichloracétique après action de fixateurs complexes, par exemple, après fixation de 30 mn dans le mélange 2BE de La Cour (3).

3. Les techniques précédentes, établies sur les méristèmes radiculaires d'*Allium Cepa* L., ont été essayées sur l'Orge, le Chanvre, le Sarrasin, le Lupin, la Lentille, le Pois, le Carthame; dans tous les cas, les colorations ont permis d'observer de nombreux chondriocontes, aussi bien pendant les différents stades de la mitose que dans les cellules en intercinèse. L'orcéine trichloracétique est également utilisable pour la colora-

---

(2) A. POLICARD, M. BESSIS et M. BRICKA, *Bull. Microsc. appl.*, 2, 1952, p. 29.

(3) L. LA COUR, *Bot. Rev.*, 3, 1937, New-York, p. 241.

tion sur lames de coupes de méristèmes fixés au formol, mais nous n'avons réussi, jusqu'à présent, à conserver cette coloration qu'en milieu aqueux.

Conclusions. — Il est possible d'étudier le chondriome des méristèmes radiculaires sans effectuer de coupes, de la manière suivante : les extrémités des racines sont fixées pendant 30 mn dans une solution de formol neutralisée diluée à 5 %, ou dans une solution saturée de chlorure mercurique, puis colorées, de préférence à froid, pendant 24 h, dans une petite capsule contenant 1 ml d'orcéine trichloracétique additionnée, au moment de l'emploi, de 0,1 ml de ClH normal. Les méristèmes sont ensuite dissociés entre lame et lamelle dans une goutte de colorant; les préparations, lutées à l'aide du lut de Rondeau du Noyer (colophane 20, lanoline 80) se conservent pendant plusieurs semaines. Nous pensons que, si elle n'est pas destinée à remplacer la méthode de Regaud pour l'étude cytologique fine du chondriome, cette technique pourra rendre de grands services en cytologie expérimentale; elle a l'avantage d'être très simple, rapide et très fidèle.

PALÉOBOTANIQUE. — *La flore interglaciaire à* Rhododendron ponticum *L. de Barraux dans la vallée de l'Isère, entre Grenoble et Chambéry.* Note de MM. **Georges Depape** et **Franck Bourdier**, présentée par M. Roger Heim.

Depuis le lac du Bourget jusqu'à la région de Chapareillan, où la cluse de Chambéry rejoint l'Isère, des banquettes de graviers fluviatiles pouvant atteindre 50 à 60 m d'épaisseur bordent les flancs des vallées.

Ces graviers, inclus entre deux dépôts morainiques, contiennent des charbons feuilletés (tourbes comprimées) dont l'analyse pollinique, faite par MM. Gourc et Lemée, d'après nos échantillons, confirme les données de la stratigraphie. En effet, dans les couches supérieures et inférieures, proches des sédiments glaciaires, apparaît une flore pauvre en espèces sylvatiques, où le pin domine, flore comparable à celle bien connue de la dernière période glaciaire.

Entre les deux couches « froides », des bancs intermédiaires témoignent d'une flore plus variée et certainement plus tempérée, avec l'Aulne, le Chêne, le Tilleul, le Noisetier et le Charme. Cependant, par leur diagramme pollinique, ces couches « tempérées » correspondent aux tourbes qui, dans le massif de Belledonne, sont à une altitude de 5 à 600 m plus élevée [1]. La question se pose de savoir si les charbons feuilletés correspondent à un interstade wurmien selon l'interprétation ancienne de Penck [2] où s'ils

---

(1) G. Lemée, *Trav. Lab. Géol. Univ. Grenoble*, **29**, 1951, p. 165-180; J. Becker, *Comptes rendus*, **228**, 1949, p. 762.

(2) *Trav. Lab. Géol. Univ. Grenoble*, **7**, 1907, p. 208.

représentent, selon l'interprétation adoptée par l'un de nous, une formation interglaciaire Riss-Würm (3).

Le Buis, cité en faveur de l'âge interglaciaire des charbons, d'après des empreintes foliaires, n'a jamais été retrouvé dans les analyses polliniques qu'il faut donc compléter par l'étude de documents macroscopiques.

Or, l'un de nous (F. B.), a découvert en 1937 un gisement de feuilles et de fructifications bien conservées, dans le ravin du Furet, au pied du fort de Barraux, dans la vallée de l'Isère, à 5 km en aval de Chapareillan, Les empreintes sont contenues dans une lentille de limon fluviatile interstratifiée dans une nappe de galets roulés. Cette nappe repose sur un dépôt glaciaire typique et elle est ravinée par les moraines du dernier glacier venu dans la vallée.

Les empreintes, étudiées par l'un de nous (G. D.), sommairement en 1939, et de façon plus détaillée maintenant. se rapportent aux espèces suivantes :

Abies pectinata D. C., feuilles et bractées de cône.
Carpinus Betulus L., feuilles.
Alnus incana D. C.; *A. glutinosa* Gaertn.; *A. viridis* D. C., feuilles et fructifications.
Betula sp., fructifications.
Buxus sempervirens L., feuilles.
Acer sp. cf. *pseudoplatanus* L., samare et feuilles.
Tilia sp. cf. *sylvestris* Desf., bractée florale.
Rhododendron ponticum L., feuille.

La flore de Barraux montre indiscutablement la présence du Buis et révèle, pour la première fois en France, l'existence de *Rhododendron ponticum* L. Cette espèce ne se rencontre actuellement que dans des stations très disjointes (nord de l'Asie Mineure, Balkans, sud de l'Espagne et du Portugal).

Les Aulnes et le Charme ont laissé les débris les plus abondants; viennent ensuite le Sapin et le Buis. L'ensemble indique un climat comparable à l'actuel, mais sans doute plus humide, si l'on se réfère aux conditions optimum que demandent le Sapin, les Aulnes, le Charme, le Sycomore, le Tilleul, *Rhododendron ponticum* et le Buis lui-même; de celui-ci, Lenoble et Broyer ont précisé les exigences de sol, de température et d'humidité; le Buis est moins thermophile et xérophile que l'on ne l'admet généralement (4). De son côté, *Rhododendron ponticum* a son optimum de développement à l'Est de la Mer Noire où la moyenne annuelle de pluies atteint 2 356 mm.

---

(3) F. Bourdier, *Études Rhodaniennes*, **15**, 1939, p. 101.
(4) *Bull. Soc. Bot. de France*, **92**, 1946, p. 118-131.

L'extension de *Rhododendron ponticum*, avant la dernière glaciation, avait été beaucoup plus grande en Europe. On le connaît dans les dépôts interglaciaires du versant italien des Alpes, à Pianico-Sellere, où il est associé à une faune à *Rhinoceros Mercki*. En Autriche, la célèbre brèche de Hötting près d'Innsbrück, interstratifiée entre deux moraines, contient le *Rhododendron ponticum* associé au buis; elle a été datée, selon les auteurs, du Mindel-Riss ou du Riss-Würm, voire même d'un peu vraisemblable « interstade aurignacien » inter-Würm.

En Suisse, à notre connaissance, le *Rhododendron ponticum* n'a jamais été signalé; mais la très riche flore des charbons feuilletés, où la plupart des espèces de Barraux se retrouvent, indique un climat tempéré. L'*Elephas antiquus* et le *Rhinoceros Mercki*, disparus de France au début du dernier âge du Renne, découverts dans les charbons feuilletés de la Suisse, permettent de dater ceux-ci, et par analogie nos lignites, du dernier interglaciaire.

En conclusion, les charbons feuilletés et les sédiments qui leur sont associés, en Suisse et dans les Alpes françaises, apparaissent comme des formations franchement interglaciaires d'après la flore, la faune et la stratigraphie. Les données de la flore ne permettent pas d'affirmer que le climat était alors plus chaud que l'actuel. Était-il plus continental ou plus océanique ? Certaines analyses polliniques, d'après Lüdi, semblent en faveur d'un climat continental; par contre, l'étude macroscopique des végétaux, soit par Gams [5], soit par nous-mêmes, ferait admettre, du moins pour la période optimum de cet interglaciaire, un climat plutôt océanique.

PALÉOBOTANIQUE. — *Sur la signification des structures généralisées chez les Coniférales et la valeur des Protopinacées en tant que groupe.* Note de M. **Louis Grambast**, présentée par M. Roger Heim.

Nous avons eu l'occasion de trouver un bois de *Juniperoxylon* de l'Éocène inférieur du Bassin de Paris dont les ponctuations des trachéides, disposées fréquemment en groupes étoilés ou suivant le mode bisérié opposé écrasé, correspondent au type « généralisé », intermédiaire entre le type araucarioïde écrasé alterné, généralement plurisérié, et le type abiétoïde espacé bisérié opposé.

D'après R. Kräusel, de telles structures caractérisent les bois du groupe des Protopinacées. Pour cet auteur, celles-ci sont toutes d'âge mésozoïque, presque uniquement jurassique et crétacé et « représentent précisément, d'après leur structure anatomique et leur apparition dans le temps, un groupe unique et particulier qui, par conséquent, a une signification importante pour l'histoire des Conifères » [1].

---

[5] *in* A. Jeannet, *Beitr. z. geol. der Schweiz, Geotechn.*, sér., 7, 1923, p. 331-352.

[1] *Palæontographica*, 89, B, 1949, p. 102, Stuttgart.

On peut citer d'autres exemples de bois à structure de Protopinacée ne provenant pas du Jurassique ou du Crétacé. Ainsi on ne peut nier que le bois secondaire des Pityacées, de *Callixylon* (Dévonien inférieur) surtout, ne corresponde à la définition, vague d'ailleurs, des structures généralisées. Cette correspondance devient encore plus étroite pour de nombreux genres de Pityacées du Permo-Trias des territoires de Gondwana. Le *Cedroxylon varollense* Renault du Permien inférieur d'Autun se rapproche de certaines formes considérées comme des Protopinacées typiques. De même, le *Cedroxylon salisburioides* du Miocène de Silésie décrit par Kräusel lui-même, qui le considère comme une forme pathologique, présente une structure du type généralisé. De telles dispositions existent chez certains Conifères actuels. I. W. Bailey ([2]) les a mises en évidence chez les Pinacées (*Cedrus*, *Keteleeria*). Elles sont encore plus fréquentes chez les Podocarpacées (*Dacrydium*, *Acmopyle*, *Podocarpus*) et surtout chez *Saxegothæa*.

Si les Coniférales actuelles dérivent, comme on l'admet, d'ancêtres qui au Paléozoïque ont présenté très généralement une disposition plus ou moins araucarioïde, elles ont dû, avant d'arriver à la structure moderne que l'on trouve réalisée dans presque tous les bois tertiaires, traverser un état intermédiaire généralisé, et cette évolution semble s'être nécessairement déroulée principalement au Mésozoïque pour la plupart des lignées. Cette structure généralisée, pas plus que la répartition dans le temps, ne peut donc permettre de considérer les Protopinacées comme un groupe systématique défini et homogène.

En outre, le fait qu'à une même période on observe côte à côte des bois à structure généralisée et des bois du type moderne ne peut être impliqué comme preuve de l'indépendance des Protopinacées. Il est très évidemment possible qu'à un moment déterminé deux lignées distinctes se trouvent à des degrés d'évolution différents et, de même, que dans une seule lignée certains rameaux soient restés à un état d'évolution inférieur à d'autres. Bien plus, un même individu présentant des parties conservatrices et d'autres évoluées peut fournir des échantillons de bois des deux types. C'est le cas actuellement pour *Cedrus*.

On ne peut donc voir dans les structures généralisées que le témoignage d'un stade d'évolution des Coniférales, certaines formes actuelles conservant des traces de cet état ancien. Les Protopinacées, caractérisées par ces structures, n'appartiennent pas à un groupe phylogénétique spécial et homogène, mais constituent un groupe horizontal, comme chez les Angiospermes les Homoxylées. On doit donc les considérer, comme

---

([2]) *Ann. Bot.*, 47, 1933, p. 145-158, London.

Gothan ([3]) l'a fait dès qu'il les eut découvertes, comme des « formes de transition ».

En conclusion, on peut dire que si les Protopinacées ont bien une extrême importance dans l'histoire des Coniférales, c'est non pas comme groupe particulier, mais comme ensemble hétérogène correspondant à un stade d'évolution qui renferme, à côté de formes éteintes sans descendance, les souches des Coniférales actuelles.

PHYSIOLOGIE. — *Action des ultrasons de haute fréquence sur le système nerveux.* Note (*) de MM. **René-Guy Busnel**, **Jovan Gligorijevic**, **Paul Chauchard** et Mme **Henriette Mazoué**, présentée par M. Robert Courrier.

L'emploi des ultrasons en thérapeutique se répand de plus en plus, alors que la connaissance de leur mode d'action sur l'organisme est encore limitée ([1]). Il a paru intéressant de rechercher par la chronaximétrie la sensibilité du système nerveux aux ultrasons de haute fréquence.

Techniques. — Sur le Rat normal ou anesthésié, la Grenouille intacte ou à centres détruits, nous avons mesuré par la technique habituelle les chronaxies motrices périphériques d'extension et de flexion des orteils ou des doigts, en excitation percutanée, avant et après application des ultrasons soit au point de mesure, soit à distance sur la peau, le trajet du sciatique ou les centres (moelle et cerveau).

On a utilisé un générateur d'ultrasons de 1 MHz et dont la tête vibrante en forme de tronc de cône avait une surface d'émission de 0,45 cm². Pour déterminer certains seuils d'action, nous avons réduit cette surface à 0,11 cm². La puissance effectivement dissipée sur ces surfaces, mesurée par la méthode calorimétrique, pouvait varier de 0,18 à 14,5 W/cm². Les ultrasons ont été appliqués sur la peau épilée soit dans l'air avec un couplage d'huile de paraffine, soit dans l'eau, l'organe traité baignant dans une cuve à la température de l'animal; dans quelques cas l'application a été faite directement sur le nerf où la moelle mis à nu, le facteur de couplage étant du sérum physiologique.

Résultats. — 1° *Effet direct.* — L'application des ultrasons à doses faibles au point de mesure, que l'animal soit éveillé ou non, les centres intacts ou détruits, le nerf séparé des centres par section ou normal, provoque toujours une diminution de chronaxie, signe d'excitation latente, ne s'accompagnant en général d'aucun signe clinique. La sensibilité est grande : chez le Rat, en application percutanée, le seuil est obtenu pour 1,29 W/cm² pendant 10 à 15 s, chez la Grenouille sur le sciatique à nu, le seuil est de 0,18 W/cm² pendant 3,5 s. La variation de chronaxie, faible et peu durable au seuil, atteint rapi-

([3]) *K. Svenska Vet. Akad. Handl.*, 42, n° 10, 1907, p. 27, Stockholm.

(*) Séance du 10 novembre 1952.

([1]) R. G. Busnel, *Traité de Pathologie chimique*, Masson, 1952.

dement, quand on augmente la dose, une valeur et une durée caractéristiques; sur le Rat, les chiffres normaux de 20-40 (en capacités chronaxiques mμF) tombent à 10-12, le retour à la normale demandant 15 à 20 mn. Pour des doses plus fortes, amplitude et durée augmentent, mais tendent vers un maximum qui n'est pas dépassé. L'augmentation du temps d'application agit dans le même sens, mais de façon moindre que celle de la puissance.

2° *Effet réflexe.* — La même variation de chronaxie avec le même seuil est obtenue si l'application des ultrasons est faite à distance du point de mesure sur le trajet des fibres sensitives correspondantes : par exemple sur la plante du pied ou à la partie haute de la cuisse, en regard du sciatique, les mesures étant faites au voisinage du genou. Mais alors la section du nerf en amont supprime le phénomène; celui-ci dépendait donc d'une excitation réflexe des fibres sensitives, mettant en jeu, au niveau de la moelle, la régulation de subordination des chronaxies motrices

Ce processus réflexe se manifeste également sur le Rat anesthésié. Il est de même ordre que la métachronose obtenue par L. et M. Lapicque et V. Bonnet par stimulation des nerfs centripètes ([2]).

Au voisinage du seuil, le changement de chronaxie ne porte que sur la patte traitée; pour des doses plus grandes, une action identique est obtenue sur les chronaxies motrices de la patte opposée.

3° *Action sur la moelle.* — Les centres médullaires peuvent aussi manifester leur sensibilité propre : si l'application est faite sur la moelle soit à travers peau et vertèbre, soit à nu, on obtient la même métachronose motrice de subordination, disparaissant après section, mais subsistant sous anesthésie ou après séparation des centres supérieurs. Le phénomène se manifeste également sur les deux côtés. Le seuil est plus bas que pour les nerfs; l'amplitude de la métachronose étant alors maxima (6 mμF); on l'obtient pour la moelle à nu avec 0,18 W/cm$^2 \times$ 15 s (Rat) et 0,18 W/cm$^2 \times$ 10 s (Grenouille). Si l'application a lieu au niveau des origines du sciatique, les pattes antérieures ne sont pas touchées; si elle est faite au niveau de la ceinture scapulaire, le phénomène y prédomine, mais il se manifeste plus faiblement sur les pattes postérieures. Dans les points intermédiaires l'effet augmente sur le membre dont on se rapproche. La galvanisation médullaire ([3]) n'a pas une telle électivité d'action.

4° *Action sur l'encéphale.* — L'application des ultrasons sur le haut du crâne provoque la même métachronose de subordination mais généralisée à toutes les pattes et disparaissant non seulement par section de nerfs ou de la moelle, mais aussi par l'anesthésie. Le seuil (Rat) est de 3 W/cm$^2 \times$ 20 s. Il s'agit ici d'une mise en jeu du centre mésencéphalique de la subordination.

([2]) L. et M. Lapicque et V. Bonnet, *Ann. Physiol.*, **11**, 1935. p. 987.

([3]) P. Chauchard, *Revue Scientifique*, **83**, 1945, p. 89.

On peut donc conclure que le système nerveux (tant les nerfs moteurs que sensitifs, les centres médullaires et encéphaliques), montre une grande sensibilité vis-à-vis des ultrasons; les modifications fonctionnelles mises en évidence, pour des doses d'ultrasons qui ne produisent apparemment aucune lésion, peuvent entrer en jeu pour l'explication des effets thérapeutiques.

PHYSIOLOGIE. — *L'enzyme catalysant l'oxygénation de l'hémoglobine.*

Note de M. **J. André Thomas** et Mme **Annette Alfsen-Blanc**, présentée par M. Pierre-P. Grassé.

Le facteur enzymatique, d'origine pulmonaire, qui catalyse la fixation de l'oxygène sur l'hémoglobine a été relativement purifié et lyophilisé. Son activité est encore notable après un mois. Il s'agit vraisemblablement d'un enzyme agissant sur la globine et comportant peut-être un métal actif. Nous proposons, à titre provisoire, de le nommer *globine-oxydase*.

Le facteur enzymatique qui intervient dans la fixation de l'oxygène sur l'hémoglobine [1] a été obtenu soit à partir du parenchyme pulmonaire, soit du myocarde de Vache, avec la fraction succinodéshydrogénase. Il s'inactivait en quatre jours.

De cette fraction, nous avons isolé une part qui, ajoutée *in vitro* à du sang jugulaire de Cheval, en augmente la saturation en oxygène, par rapport au sang témoin, dans les mêmes conditions de faible oxygénation par barbotage d'oxygène.

1° A un stade de purification peu poussée des extraits agissant sur l'oxygénation de l'hémoglobine, l'activité de l'extrait pulmonaire est légèrement supérieure à celle de l'extrait cardiaque (tableau I). De même, l'inactivation naturelle de l'extrait pulmonaire est un peu moins rapide (une dizaine de jours : 3,14, 3,13, 3,14, 2,92, 2,90, 2,51, 2,12, 1,60, 1,37, 1,25) que celle de l'extrait cardiaque (une huitaine de jours). Les courbes d'inactivation confirment la nature enzymatique du produit actif.

2° Nous avons préparé des extraits pulmonaires relativement purifiés, obtenus à l'état sec par lyophilisation et conservés sous vide. Ils sont dissous (0,025 g) dans 2 cm^3 d'eau distillée pour 10 cm^3 de sang veineux. A cette dose, leur action est équivalente à celle de 0,5 g (poids sec) d'extrait peu purifié (tableau II). L'activité de l'extrait lyophilisé soluble est encore notable après un mois (1er jour : 3,13 ; 7e jour : 3,11 ; 26e jour : 2,60 et 33e jour : 2,33).

(1) J. André Thomas et Annette Blanc, *Comptes rendus*, 234, 1952, p. 992 et 235, 1952, p. 318.

Prépa.	Tableau I. Sg. T.	Sg + C.	Sg + P.	Aug. O_2 (P—T).	Tableau II. Sg. T.	Sg + P ly.	Aug. O_2 (P. ly-T).
1	17,31	20,01	20,26	2,95	13,56	15,92	2,36
	17,34	19,75	20,20	2,86	13,58	15,96	2,38
	16,30	17,54	18,32	2,02	12,34	16,30	2,96
2	15,59	17,52	18,06	2,53	11,91	14,12	2,21
	14,47	17,01	17,45	2,98	11,74	14,77	3,03
	14,22	15,96	16,29	2,07	11,70	14,80	3,10
3	17,50	19,62	20,03	2,47	12,95	16,75	3,80
	12,28	14,72	15,59	3,31	12,90	16,02	2,12
	12,30	15,33	15,71	3,41	11,03	14,01	2,98
4	16,08	19,27	19,54	3,46	11,05	14,36	3,31
	16,20	17,58	18,56	2,36	11,02	14,25	3,23
5	13,52	16,38	16,53	3,01	14,05	16,89	2,84
	13,46	16,12	16,42	2,96	11,07	14,12	3,05
	11,20	12,84	13,62	2,42	16,03	18,44	2,41
6	–	–	–	–	11,03	13,58	2,55
	–	–	–	–	13,38	16,01	2,63

Augmentation de la quantité de O_2 (méthode de Van Slyke), fixée par divers sangs veineux héparinés de Cheval (Sg. T.), en présence de différents extraits cardiaque (C) et pulmonaire (P) [0,5 g env. poids sec. pour 10 cm³ de sang) et d'extraits pulmonaires assez purifiés lyophilisés (P. ly) (0,025 g pour 10 cm³)].

3° Tous les résultats sont obtenus avec du sang hépariné. Sur du sang citraté, l'enzyme est inactif : les ions Ca^{++} sont indispensables à son activité. L'extrait est inactivé à la température de 56° pendant 30 mn environ. Il donne la réaction du biuret. Enfin, il contient d'après les analyses spectrographiques préliminaires Fe et Cu en faibles quantités, et quelques autres métaux qui nous paraissent des impuretés. Le fer peut provenir surtout du sang résiduel du poumon servant à la préparation, la présence du cuivre, si elle se confirme, pourrait être significative : il est possible que l'enzyme soit une oxydase ayant un métal actif.

Discussion. — *a.* L'enzyme catalysant la fixation de O_2 sur l'hémoglobine est proche de la succinodéshydrogénase, fraction dont nous sommes partis : comme celle-ci, il est activé par les ions Ca^{++}, inhibé par le coenzyme I (diphosphopyridine nucléotide) et, sur des coupes de poumon, c'est l'addition de succinate qui provoque l'augmentation d'absorption de O_2 la plus importante ([2]). Enfin, la succinodéshydrogénase, la lacticodéshydrogénase et

([2]) E. S. Guzmann Baron, Z. B. Miller et G. R. Barklett, *J. Biol. Chem.*, 171, 1937, p. 791-800.

l'aldéhyde déshydrogénase redonneraient à l'hémoglobine la capacité d'activer l'oxygène (³).

b. Cependant, la présence possible d'un métal dans l'enzyme actif le différencierait de la succinodéshydrogénase. Cet enzyme agirait sur l'hémoglobine du sang lorsqu'il passe dans les capillaires pulmonaires. L'hémoglobine réduite au niveau des tissus deviendrait inapte à fixer l'oxygène, ce qui expliquerait la difficulté croissante d'une oxygénation du sang hors du circuit pulmonaire. D'ailleurs, un profond changement structural est observé lors de la transformation de l'hémoglobine en oxyhémoglobine (⁴), et il existerait plusieurs constituants de l'hémoglobine ayant des affinités différentes pour l'oxygène et dus à des variations de la fraction protéique de la molécule (⁵).

c. Il nous semble donc que cet enzyme modifie la structure de la globine et pour cette raison nous lui donnerons à titre provisoire le nom de : *globine-oxydase*. Son rôle serait à rapprocher, dans le globule rouge, de celui de l'acide carbonique-anhydrase qui intervient dans l'élimination du gaz carbonique, sans être cependant la voie unique pour celle-ci. Les variations physiologiques d'affinité de l'hémoglobine pour l'oxygène pourraient être en partie expliquées par les conditions d'action de la globine-oxydase.

Il semble qu'il faille admettre, en plus des mécanismes classiques de fixation de l'oxygène sur l'hémoglobine, l'intervention de la globine oxydase.

HISTOLOGIE. — *Particularités histologiques des centres leucopoiétiques thoraciques chez quelques Lépidoptères.* Note de Mlle **Lucie Arvy**, présentée par M. Louis Fage.

L'examen histologique des stades larvaires chez cinq espèces de Lépidoptères fait apparaître deux paires d'organes leucopoiétiques juxta-alaires, méso et métathoraciques. Ces centres subissent une dissociation chez la chrysalide, et l'imago n'en présente plus de trace.

Les traités actuels d'entomologie ne comportent que peu de données sur l'origine des leucocytes du sang circulant. La plupart des auteurs admettent que ces cellules se forment à partir du corps adipeux ou d'amas cellulaires situés près du cœur, à partir de l'hypoderme ou de « cordons endodermiques » (Snodgrass, 1935) (¹). Weber (1951) (²) admet que des foyers mésodermiques leucopoiétiques peuvent persister, dans certains cas,

(³) K. Yamafuji, M. Fujii et T. Tomita, *Biochem. Z.*, 315, 1943, p. 419-428.

(⁴) M. F. Perutz, *IIe Congrès Intern. Biochim.*, 1952, *Symp. biochim. hématopoïèse*, p. 101-106.

(⁵) W. Paul et F. J. W. Roughton, *J. Physiol.*, 113, 1951, p. 23-25.

(¹) *Principles of insect morphology*, Mc Graw-Hill, London, 1935.

(²) *Grundriss der Insektenkunde,* Fischer, Iéna, 1951.

au cours du développement post-embryonnaire, mais ne fournit aucune indication sur la position et la structure de ces foyers. Schæffer (1889) (³) a pourtant décrit chez la chenille moyennement évoluée d'*Hyponomeuta evonymella* quatre lobes de tissu adipeux, situés au voisinage des disques alaires et caractérisés par une structure particulière; leurs cellules sont plus petites que les adipocytes typiques et elles ne contiennent pas d'enclaves lipidiques. Cet auteur pense qu'il s'agit d'amas formateurs de cellules sanguines et que le « tissu nutritif », signalé au voisinage des disques alaires par Pancritius (1884) (⁴), chez *Smerinthus populi*, pourraient avoir la même signification. Hufnagel (1918) (⁵) retrouve chez *Hyponomeuta padella* les amas sanguiformateurs signalés par Schæffer et les considère comme « un corps gras jeune, dont les éléments se différencieront par la suite ». Ces observations faites après mise en œuvre de techniques rudimentaires n'ont pas été retenues. Aussi il me paraît opportun de rapporter les constatations relatives à la structure des centres leucopoïétiques thoraciques chez cinq espèces de Lépidoptères.

Mon étude a porté sur les divers stades du développement post-embryonnaire, chez *Malacosoma neustria* L, *Ephestia kuhniella* Zell., *Hyponomeuta padella* L, *Thaumetopoea processionæ* L. et *Bombyx mori* L. Les centres leucopoïétiques thoraciques sont identifiables dès le premier stade larvaire; il existe quatre amas, situés un peu en arrière du spiracle prothoracique, au niveau de l'hypoderme pleural du méso et métathorax et au voisinage immédiat du champ trachéifère alaire. Les rapports anatomiques de ces amas permettent de classer les Lépidoptères étudiés en deux groupes; en effet, ces amas sont accolés au corps adipeux chez *Hyponomeuta* et *Ephestia* et ils engainent les disques alaires chez les trois autres espèces. L'amas mésothoracique est toujours plus volumineux que le métathoracique.

Chez la larve jeune, chaque amas est formé d'une seule catégorie cellulaire; il s'agit d'éléments assez petits (6 à 8 μ de diamètre), ronds ou ovalaires, le plus souvent déformés par pression réciproque. Le noyau de ces éléments est relativement gros, clair et nucléolé. Le cytoplasme très riche en ribonucléines pyroninophiles est parfaitement homogène. La présence d'une capsule et d'un réticulum fibrillaire intercellulaire, colorables par le bleu d'aniline et le vert solide, démontrent qu'il s'agit bien d'un organe et non d'une accumulation transitoire de leucocytes hyalins. Le réticulum fibrillaire et de très nombreuses trachéoles divisent l'organe leucopoïétique

(³) *Zool. Jahrb. Anat.*, 3, 1889, p. 626-650.

(⁴) *Contribution à la connaissance du développement des ailes chez les insectes* (*Thèse*, Konigsberg, 1884), cité par Schäffer.

(⁵) *Arch. Zool. exp. gén.*, 57, 1918, p. 47 à 202.

en lobules. Les mitoses sont nombreuses. L'organe augmente progressivement de taille au cours des stades larvaires et à partir du troisième stade les organes leucopoiétiques sont à la fois des centres de multiplication et de différenciation cellulaire; les techniques hématologiques permettent de mettre en évidence tous les stades de la différenciation leucocytaire, depuis le leucoblaste jusqu'au granulocyte éosinophile. La capsule présente des solutions de continuité au niveau desquelles les leucocytes passent dans le sang circulant.

La libération des leucocytes atteint un maximum chez la chrysalide. Elle s'accompagne d'une véritable dissociation de l'organe leucopoiétique dont j'ai pu suivre les étapes avec une netteté particulière chez des chrysalides de *Bombyx mori*, parfaitement fixées, qui m'ont été procurées par M. J. J. Bounhiol.

Toute trace des organes leucopoiétiques thoraciques larvaires a disparu chez l'imago.

CYTOLOGIE. — *Les cellules nerveuses de* Grantia compressa pennigera Haeckel (*Éponge calcaire Hétérocœle*). Note (*) de M[lle] **Odette Tuzet** et M. **Max Pavans de Ceccatty**, présentée par M. Pierre-P. Grassé.

Dans une première Note (Tuzet, Loubatières et Pavans de Ceccatty, 1952) (1), nous avions décrit dans le mésenchyme de *Sycon raphanus* des cellules nerveuses bipolaires ou multipolaires. Elles étaient bien caractérisées par leur argentophilie et la présence de corps de Nissl dans le protoplasme.

Chez *Grantia compressa*, l'étude des cellules nerveuses du mésenchyme est plus difficile que chez *Sycon raphanus*, à cause de la faible densité du mésenchyme. On le trouve seulement en plages étroites en bordure de l'atrium, à la périphérie de l'Éponge ou entre les corbeilles.

On peut cependant observer des éléments nerveux du « type classique » exactement semblables à ceux déjà vus chez *Sycon raphanus*, en particulier des cellules fusiformes ou multipolaires à corps de Nissl et noyau peu volumineux. Les prolongements fibrillaires mettent en rapport les corbeilles entre elles, et vont ainsi des choanocytes d'une corbeille à ceux d'une autre corbeille (*fig.* 1). Les prolongements des cellules nerveuses peuvent ainsi relier les corbeilles à la paroi externe ou à celle de l'atrium, joignant alors des choanocytes à des pinacocytes (*fig.* 2).

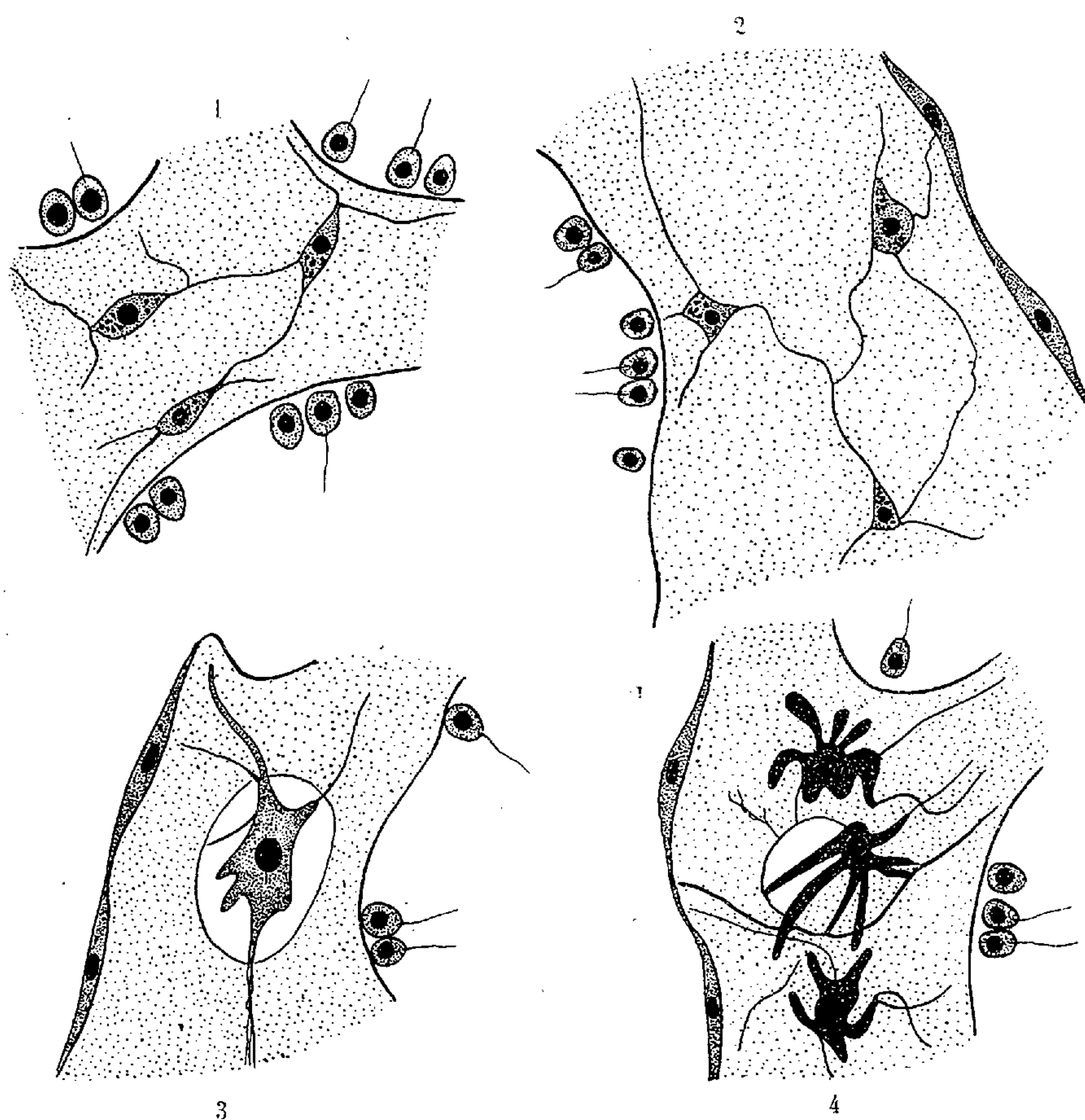
Ces liaisons se font par l'intermédiaire d'un seul neurone ou de plusieurs neurones disposés en réseau.

(*) Séance du 1er décembre 1952.

(1) *Comptes rendus*, 234, 1952, p. 1394.

Les réactions de ces cellules aux divers colorants des cellules nerveuses qui ont été employés pour les colorer, sont semblables à celles des neurones de *Sycon*.

Nous n'avons pas vu ici de cellule du mésenchyme directement innervées, pas plus que de cellules sensitives en bordure de la surface. Il faut peut-être en chercher la cause dans le faible développement du mésenchyme.



Par contre, en bordure de l'atrium, nous avons pu observer un certain nombre d'éléments cellulaires que leur structure particulière rend difficilement assimilables aux collencytes, aux scléroblastes ou aux cellules mobiles du mésenchyme (amœbocytes, ovocytes, choanocytes émigrés). De même, la morphologie de ces éléments s'écarte notablement du « type classique » de neurone. Il s'agit de grosses cellules à contours fortement découpés et généralement logées dans des vacuoles du mésenchyme. Ces gros éléments correspondent à deux types distincts.

Le premier type est représenté par des cellules à noyau relativement petit par rapport au volume protoplasmique. Le cytoplasme est assez

clair, argentophile, sans granulations. De nombreux prolongements, la plupart très fins, rayonnent dans tous les sens. Parmi ces prolongements, il en est qui offrent une structure d'apparence fibrillaire très nette (*fig* 3). D'autres, au contraire, semblent être protoplasmiques et se terminent en massue à l'extérieur ou à l'intérieur de la vacuole mésenchymateuse qui abrite toute la cellule. Dans quelques cas, on peut voir dans le protoplasme de telles cellules des granules argentophiles ayant l'aspect de corps de Nissl. Enfin, nous avons pu observer les prolongements issus de ces cellules entrer en rapport avec les fibrilles émises par les cellules nerveuses typiques.

Le deuxième type de ces grosses cellules aberrantes ne diffère guère du premier que par l'affinité très forte de leur protoplasme pour l'argent métallique. Le noyau devient difficilement visible dans la cellule très uniformément colorée en marron foncé, presque noir (*fig.* 4). En outre, ces éléments sont plus irréguliers que les premiers; leurs prolongements compacts et homogènes sont tous identiques et peuvent, du reste, constituer un réseau à filaments réguliers et fins. Nous avons aussi vu les prolongements de cette seconde catégorie de cellules entrer en rapport avec des fibres nerveuses typiques.

Nous ne pouvons préciser ici à quoi correspondent ces deux catégories d'éléments cellulaires. Ils se rapprochent, peut-être, d'autres cellules nerveuses aberrantes que nous avons trouvées chez les Homocœles et que nous décrirons. La présence, chez certains, de corpuscules argentophiles semblables aux corps de Nissl et l'union de leurs prolongements avec ceux de vraies cellules nerveuses allant rejoindre les choanocytes ou les pinacocytes de la surface et de l'atrium, pourrait le faire croire.

ANATOMIE COMPARÉE. — *Le rôle de l'angle palato-vestibulaire dans l'utilisation de la méthode vestibulaire.* Note de MM. **Antoine Delattre** et **Jean Anthony**, présentée par M. Robert Courrier.

Nécessité d'un correctif dans la comparaison des crânes par la méthode vestibulaire.

La méthode vestibulaire d'orientation et de comparaison des crânes a été progressivement élaborée par L. Girard (1911), F. Pérez (1922), puis par A. Delattre et J. M. Daële (1948). Elle adopte trois plans de référence perpendiculaires entre eux, auxquels peuvent être rapportés les différents points anatomiques crâniens. Le premier de ces plans est le plan sagittal médian. Le second, ou plan vestibulaire, se définit par la direction des canaux semi-circulaires externes et représente pratiquement l'horizontalité. Le troisième, frontal, passe par le sommet de ces deux canaux. Le plan sagittal médian reste naturellement invariable par définition. Les deux autres offrent la même propriété, car il a été récemment démontré

[J. Anthony et R. Saban (1951)] que l'arcade formant le canal semi-circulaire externe demeure fixe dans sa moitié antérieure et jusqu'à son sommet au cours des transformations subies par l'arrière-crâne depuis les Mammifères inférieurs jusqu'à l'Homme.

Cependant, malgré la rigueur de ses principes fondamentaux, la méthode vestibulaire ne saurait être utilement employée dans la comparaison des crânes sans une dernière justification théorique. Il est, en effet, à remarquer que des animaux voisins dans la Systématique ainsi que par le degré d'organisation de leur crâne et de leur encéphale, peuvent avoir un profil céphalique différemment disposé dans l'orientation vestibulaire. L. Girard l'avait déjà signalé autrefois à propos du Chameau et du Bœuf. Il avait trouvé l'origine du décalage dans les variations de la position de la tête au repos. La tête du Chameau est pratiquement horizontale au repos; son grand axe correspond au plan vestibulaire. Celle du Bœuf, au contraire, s'incline très fortement sur ce même plan. En conséquence, lorsque l'on mesure un angle donné sur des profils encéphaliques dans la série mammalienne, on trouve, entre de tels animaux, un écart parfois énorme lié au genre de vie de l'animal et qui fausse à l'avance l'interprétation des résultats. Pour éliminer une aussi importante cause d'erreur, nous proposons d'introduire un correctif simple qui, après vérification, s'est montré satisfaisant.

Nous avons noté que la direction générale de la voûte palatine, hormis la courbe qu'elle décrit fréquemment au niveau des prémaxillaires, suivait fidèlement les variations d'orientation de la tête au repos. Cette direction intercepte avec le plan vestibulaire un angle que nous appelons angle palato-vestibulaire et qui, d'après nos recherches sur une trentaine d'espèces mammaliennes, doit être évalué, en moyenne, à 30°. Dans les mesures angulaires prises en *norma lateralis* et destinées à exprimer l'évolution d'une partie du crâne dans la série des Mammifères, si l'on tient compte de cette valeur moyenne, on obtient alors des données directement comparables. C'est ainsi, par exemple, que le pivotement du foramen magnum, traduit par l'amoindrissement progressif de l'angle occipito-vestibulaire, s'établit de la façon suivante, avant et après intervention du correctif palato-vestibulaire :

Spécimens.	Angle palato-vestibulaire.	Angle occipito-vestibulaire avant correction.	Angle occipito-vestibulaire après correction.
Bœuf	37°	110°	103°
Chameau	0	70	100
Chien	28	80	82
Chat	32	82	80
Hapalemur	50	72	52
Macaque	31	45	44
Chimpanzé	36	47	41
Homme	25	16	21

Nous nous réservons de présenter ultérieurement l'ensemble de notre statistique avec les applications auxquelles elle donne lieu dans le cadre de la méthode vestibulaire.

CÉCIDOLOGIE. — *Rapports entre l'évolution cytologique du tissu nourricier d'*Eriophyes macrorhynchus *Nal. et la biologie de l'Acarien.* Note de M. **Jean Meyer**, transmise par M. Louis Blaringhem.

Le tissu nourricier d'*Eriophyes macrorhynchus* Nal. présente, pendant le cycle évolutif du parasite, les aspects suivants : 1° dédifférencié dans les ébauches, sous l'influence de la fondatrice, seule morphogène; 2° redifférencié pendant que la galle atteint la taille adulte, en rapport avec la rareté des parasites; 3° dédifférencié à nouveau sous l'action du riche peuplement estival, qui n'est plus morphogène.

Dans une Note précédente [1] j'avais démontré l'existence, au mois d'avril, d'une fondatrice d'*Eriophyes macrorhynchus* Nal. capable d'engendrer des galles multiples sur *Acer pseudoplatanus* L. Sous l'action de la fondatrice mobile, les galles atteignent leur taille adulte à la fin de mai. Par suite de la rareté des fondatrices et malgré une augmentation énorme de la surface offerte à la succion parasitaire, ces galles sont presque toutes vides. Au mois de juillet, au contraire, elles sont abondamment peuplées. L'objet de cette Note est de montrer les rapports existant entre les périodes du cycle évolutif du cécidozoaire et les réactions de son hôte, qui se manifestent surtout dans l'évolution du tissu nourricier.

1. *Cytologie du plastème nourricier des jeunes stades.* — Dans les jeunes stades que nous avons observés, le mésophylle et l'épiderme inférieur commencent à s'hyperplasier. Mais à cette hyperplasie est superposée une croissance différencielle cellulaire : les cellules externes s'hypertrophient beaucoup par rapport aux cellules les plus proches du parasite, d'où la formation de cuvettes qui, bientôt, se hérissent de poils sur les bords.

Au cours de cette hyperplasie, les cellules du mésophylle assimilateur et des épidermes tendent, dans des mesures variables, à se dédifférencier. La dédifférenciation mésophyllienne affecte surtout les chloroplastes dont la taille se réduit de plus en plus et régresse vers un état plus ou moins proche de l'aspect chondriomatique. Les noyaux augmentent de taille et prennent une position plus centrale, tandis que leur nucléole s'hypertrophie. Les nucléoles des tissus externes étant déjà plus volumineux dans les tissus normaux, cette différence de taille nucléolaire se conservera dans le plastème. Le volume nucléolaire ne peut donc pas, comme cela s'impose dans la plupart des plastèmes [2], servir ici de critère pour la délimitation du

(1) *Comptes rendus*, 235, 1952, p. 1428.

(2) *Comptes rendus*, 231, 1950, p. 1333 et bibliographie.

plastème nourricier. Seule, la position interne de ce tissu par rapport aux faisceaux conducteurs et son aspect dédifférencié plus poussé, marqué par l'abondance du cytoplasme qui résulte de la petite taille des vacuoles, nous permettra, dans notre cas, de le reconnaître. Il est formé par l'épiderme inférieur et par une ou deux couches du mésophylle sous-jacent. La dédifférenciation plastidale de ce mésophylle est du type normal, par étirement en altère, comme l'a décrite Buvat [3] dans les cellules chlorophylliennes du parenchyme libérien de la tige de Tomate. Le mésophylle inférieur et l'épiderme qui le coiffe finissent ainsi par former un tissu d'aspect cytologique relativement homogène et jeune, rappelant un plastème nourricier typique de Cécidomyide ou de Cynipide et caractérisé par la richesse cytoplasmique et mitochondriale, la régression du plastidome, la taille et la position centrale du noyau à gros nucléole. Le diamètre nucléolaire moyen est passé de 1,65 μ dans le mésophylle normal à 2,5 μ dans le mésophylle nourricier qui lui correspond.

2. *Cytologie du tissu nourricier des stades avancés antérieurs au peuplement estival.* — A la fin de mai, la galle forme une bourse qui a déjà atteint sa taille définitive. Le tissu nourricier, suivant la croissance cellulaire générale, présente des caractères de vieillissement qui se manifestent surtout par un cytoplasme généralement pariétal, entourant une grande vacuole centrale; le noyau, lui aussi, est le plus souvent pariétal et, comme l'a remarqué Garrigues [4], il est d'aspect normal avec un petit nucléole. Le diamètre nucléolaire a diminué presque de moitié par rapport à celui des premiers stades. Il est passé, en moyenne, de 2,5 à 1,35 μ environ. Il est cependant encore supérieur à celui du tissu normal de la même feuille qui est d'environ 0,8 μ. On admet généralement [2] que l'hypertrophie nucléolaire est en rapport avec des synthèses protéiques accrues. Cette régression nucléolaire au stade adulte ne nous étonnera donc pas, puisque, d'une part, à l'arrêt de croissance de la galle correspond nécessairement un arrêt des synthèses protéiques constructives et que la galle étant à peu près abandonnée, ne nécessite guère de protéine trophique pour le parasite. A cette époque, en effet, il n'y a encore, en plus des rares fondatrices, que quelques œufs dans un nombre relativement restreint de galles. L'absence presque totale de parasites permet donc d'expliquer, dans notre cas, l'état évolué et l'aspect non fonctionnel du tissu nourricier.

3. *Cytologie du tissu nourricier lors du peuplement estival.* — L'hypothèse précédente de l'influence de l'absence ou de la présence des parasites sur la cytologie du tissu nourricier se vérifie d'ailleurs au mois de juillet, période de pullulement des acariens de tous stades. A cette époque, tandis

---

(3) *Thèse Sciences*, Paris, 1944 (*Ann. Sc. Nat. Bot.*, 11e, série, nos 5 et 6, 1944, 1945).

(4) *Thèse Sciences*, Lyon, 1951.

que l'épiderme nourricier est plus ou moins vidé ou nécrosé sous l'attaque massive des parasites, la couche mésophyllienne sous-jacente marque, en beaucoup d'endroits, une recrudescence d'activité. Il y a rajeunissement du tissu vers le type nourricier : les cellules se redivisent et au cours de ces divisions, les chloroplastes, qui avaient grossi pendant la période d'absence des parasites, tendent à se dédifférencier; le cytoplasme augmente aux dépens du vacuome et s'enrichit en chondriome, le noyau reprend sa place centrale et le nucléole subit une nouvelle, mais légère, croissance en passant de 1,3 μ moyenne du stade dépeuplé, à 1,75 μ en plein peuplement. Si nous suivons l'évolution nucléolaire, qui est le seul critère mesurable de l'état d'activité du tissu nourricier, nous remarquerons que le diamètre nucléolaire est toujours supérieur à celui du tissu correspondant normal de la même feuille, mais il passe par un minimum en mai pour reprendre un état plus hypertrophié au moment du peuplement de juillet. Les autres caractères cytologiques d'indifférenciation relative, marquant également l'état d'activité nourricière, présentent une évolution parallèle à celle du nucléole.

BIOLOGIE. — *Influences de lésions hautes et basses de l'infundibulum sur la gonadostimulation chez le Canard domestique*. Note (*) de MM. **Jacques Benoit** et **Ivan Assenmacher**, présentée par M. Robert Courrier.

Seules les sections hautes du faisceau hypothalamo-hypophysaire furent suivies, chez le Canard, d'une atrophie testiculaire, en même temps que la *pars distalis* présentait des signes cytologiques manifestes d'une inactivité sécrétoire, notamment au niveau des cellules β. Ces faits semblent appuyer l'hypothèse d'un relai neurohumoral au niveau de l'éminence médiane.

De nombreux auteurs ont observé chez les Mammifères une atrophie complète des gonades à la suite de lésions de l'éminence médiane et de sections de la tige infundibulaire (Dott, 1923; Mahoney et Sheehan, 1936; Harris, 1937; Westmann et Jacobsohn, 1937, 1940; Brolin, 1945; Greep et Barrnett, 1950, 1951), ou en tous les cas une abolition de l'activité sexuelle (Hinsey, 1937; Dey, 1943). D'autres ne notent qu'une certaine perturbation de la fonction sexuelle : abolition de l'ovulation chez la Lapine (Brooks, 1938, 1940; Brooks et Lambert, 1939), abolition de la réaction testiculaire au froid (Uotila, 1939, 1940). Richter (1930, 1933), Leininger et Ranson (1943), Breckenridge et Keller (1948) ne décrivent de troubles sexuels que chez certains de leurs opérés; Keller et Hamilton (1937), Dempsey (1939), Dandy (1940), Tang et Patton (1951) par contre n'en observent dans aucun cas.

Nous avons entrepris nos recherches chez l'Oiseau pour des raisons

(*) Séance du 1er décembre 1952.

d'ordre morphologique : l'individualité anatomique dans cette classe des veines portes hypophysaires par rapport à la tige infundibulaire (Benoit et Assenmacher, 1951; Assenmacher, 1951). Nous présentons dans cette Note, les résultats de deux sortes d'interventions sur l'infundibulum. Nous désignons par « lésions hautes » des sections subtotales du faisceau hypothalamo-hypophysaire au niveau de l'éminence médiane, au-dessus du point de départ du tractus porto-tubéral, ces lésions pouvant aller jusqu'à une éventration complète du plancher du troisième ventricule. Les « lésions basses » de l'infundibulum constituent des sections plus ou moins complètes de la tige infundibulaire, au-dessous du tractus porto-tubéral.

Les résultats donnés ci-dessous se rapportent à 12 canards mâles de race Pékin opérés en pleine activité sexuelle et sacrifiés un mois après l'opération. Les testicules furent mesurés, pesés et étudiés histologiquement; la région hypothalamo-hypophysaire fut coupée en série et traitée aux colorants ordinaires et au Bodian pour permettre de contrôler rigoureusement l'état du faisceau hypothalamo-hypophysaire. Ce n'est qu'après un examen approfondi de ces coupes sériées que nous répartîmes les sujets en les quatre groupes suivants :

a. Lésions hautes de l'infundibulum (4 sujets). — Le faisceau hypothalamo-hypophysaire est pratiquement interrompu au niveau de l'éminence médiane. La pars nervosa de l'hypophyse est complètement atrophiée. La pars distalis montre dans tous les cas une zone centrale de dégénérescence; le reste du parenchyme présente des signes cytologiques d'inactivité sécrétoire, les cellules β notamment. Les capillaires sinusoïdes présentent cependant un aspect normal. Le tractus porto-tubéral avec ses veines portes est intact. Les testicules sont macroscopiquement totalement régressés et histologiquement inactifs. (Poids des deux testicules : $2\,T = 2{,}2$, 1,5, 1,03 et 0,75 g.)

b. Lésions basses de l'infundibulum (2 sujets). — Section subtotale de la tige infundibulaire. Pars nervosa complètement atrophiée. Pars distalis et tractus porto-tubéral normaux; grande activité sécrétoire des cellules β notamment. Testicules normalement conditionnés ($2T = 85$ et 68 g.)

c. Témoins avec simple accès à l'éminence médiane (4 sujets). — Aspect normal de tout le complexe hypothalamo-hypophysaire. Testicules normalement conditionnés ($2\,T = 72$, 72, 50 et 38 g.)

d. Témoins avec lésions superficielles de l'éminence médiane et de la naissance du tractus porto-tubéral (2 sujets). Lésions très superficielles du faisceau hypothalamo-hypophysaire. Tractus porto-tubéral lésé mais fonctionnel. Pars nervosa hypotrophique. Pars distalis : zone hypotrophique centrale; signes cytologiques d'une bonne activité sécrétoire, des cellules β notamment; vascularisation capillaire normale. Testicules conditionnés; spermatogenèse abondante ($2T = 48$ et 22 g).

Il résulte de ces observations que *seule l'interruption haute du faisceau hypothalamo-hypophysaire abolit la stimulation préhypophysaire du testicule.* Ce résultat peut être dû *a priori* soit à la lésion nerveuse elle-même, soit à la destruction du réseau capillaire sous-tubéral plaqué à la surface de l'éminence médiane. Cependant les lésions de ce réseau capillaire des animaux du groupe *a* se retrouvent chez les témoins du groupe *d* qui présentent pourtant une spermatogenèse abondante, bien que, pondéralement, leurs testicules soient un peu au-dessous de leur développement maximum. Par contre, dans le cas de lésions hautes de l'hypothalamus, les rapports du réseau capillaire sous-tubéral avec l'éminence médiane sont profondément modifiés. En effet, la dégénérescence de la portion distale du faisceau hypothalamo-hypophysaire consécutive à sa section prive le réseau capillaire sous-tubéral de son contact habituel avec les éléments nerveux et névrogliques si caractéristiques de l'éminence médiane, et en particulier avec les « anses nerveuses » (Benoit et Assenmacher, 1951). D'où la suppression certaine d'un éventuel relai neuro-humoral hypothalamo-hypophysaire à ce niveau. Cette explication du bloquage de la gonado-stimulation en cas de section haute du faisceau hypothalamo-hypophysaire nous paraît tentante; mais ces faits n'infirment pas non plus l'hypothèse d'un contrôle vaso-moteur de la vascularisation préhypophysaire par l'hypothalamus (Green, 1946; Stutinsky, 1948), encore que la vascularisation capillaire de la pars distalis nous paraisse dans tous les cas sensiblement normale.

BIOLOGIE. — *Les échanges alimentaires entre adultes chez la Fourmi* Ponera eduardi *Forel.* Note de M. **Georges Le Masne**, présentée par M. Pierre-P. Grassé.

On sait la place très importante occupée dans la vie sociale des Fourmis par les dégorgements de nourriture et les échanges d'aliments de bouche à bouche, que pratiquent entre eux les individus adultes. Mais ces échanges stomodéaux, réalisés à coup sûr par toutes les Fourmis supérieures (*Myrmicidæ, Camponotidæ, Dolichoderidæ*) semblaient jusqu'ici manquer chez les Fourmis inférieures, en particulier chez les *Poneridæ* : dans cette famille le dégorgement de nourriture n'a été observé que chez quelques espèces, et parfois de manière assez incertaine.

C. P. Haskins [1] a montré que les ouvrières d'*Euponera gilva* ne pratiquent que rarement l'échange stomodéal. O. F. Cook [2] a vu celles d'*Ectatomma tuberculatum* échanger des

(1) *J. N. Y. Ent. Soc.*, 39, 1931, p. 507-521.
(2) *Science*, 19-23, 1904-1906.
(3) *Cf.* N. A. Weber, *Proc. Ent. Soc. Wash.*, 48, 1946, p. 1-16.

gouttelettes liquides, mais il ne s'agit peut-être pas là de régurgitation ([3]). Enfin C. P. et E. F. Haskins ([4]) pensent que les reines de *Brachyponera lutea* et d'*Odontomachus hæmatoda* sont capables de nourrir leurs larves par régurgitation.

J'ai indiqué déjà ([5]) que, chez *Ponera eduardi*, les mâles ergatoïdes (aptères) obtiennent des ouvrières la régurgitation. Depuis, j'ai constaté que *les adultes de cette espèce (aussi bien les ouvrières que les sexués, ailés ou aptères) pratiquent l'échange stomodéal de manière régulière, mais sous une forme qui diffère très sensiblement de celle qu'on observe chez les Fourmis supérieures.*

La *fréquence* des échanges est bien moindre que chez les Fourmis supérieures; leur *durée* l'est aussi (quelques secondes, au lieu de plusieurs minutes parfois). Le volume de liquide transmis doit être très minime.

Au cours de l'échange, *la position et les gestes des partenaires* diffèrent de ceux des Fourmis supérieures ([6]). L'une des ouvrières tient la tête horizontale, l'autre tourne l'un des côtés de sa tête vers le sol. Chaque *Ponera* ouvre largement les mandibules et les entrecroise avec celles de sa partenaire. Les antennes, entrecroisées également, sont presque immobiles chez la « solliciteuse », mais animées de mouvements très vifs chez la « pourvoyeuse ».

Si l'échange est bref, en revanche *les préliminaires de l'acte trophallactique* sont beaucoup plus longs que chez les Fourmis supérieures : parfois durant plusieurs minutes, deux ouvrières restent face à face, dans une attitude déterminée et caractéristique pour chacune. Tantôt l'échange survient de manière brusque, tantôt (et beaucoup plus souvent que chez les Fourmis supérieures), les partenaires se séparent sans qu'il y ait eu dégorgement. La « solliciteuse » s'adresse alors à une autre congénère.

Ces préliminaires sont souvent précédés de *poursuites* qui n'ont pas leur équivalent chez les Fourmis supérieures : il n'est pas rare de voir une *Ponera*, les antennes appliquées contre l'abdomen d'une autre ouvrière, la suivre dans tous ses déplacements. Parfois la poursuite est abandonnée après quelques minutes, ou bien elle se reporte sur un autre individu. Mais souvent la Fourmi suivie se retourne brusquement et adopte aussitôt attitudes et gestes de *l'ouvrière sollicitée.* Il s'agit là, à coup sûr, d'un *acte pré-trophallactique*, mais cet acte n'est pas obligatoire : les préliminaires décrits plus haut peuvent commencer d'emblée, sans être précédés de poursuite. Poursuite et attitude de sollicitation constituent bien des *stimuli*

([4]) *Psyche*, 57, 1950, p. 1-9.

([5]) *Comptes rendus*, 226, 1948, p. 2009.

([6]) Chez des *Lasius* ou des *Leptothorax*, les deux partenaires tiennent leurs antennes *au-dessus* de la tête de l'autre Fourmi. Ce sont celles de la « solliciteuse » qui s'agitent le plus vivement. Les mandibules de la « pourvoyeuse » sont largement ouvertes, mais celles de la Fourmi qui absorbe l'aliment stomodéal restent fermées.

significatifs, préparant et déclenchant le dégorgement. Ils ne sont pas toujours suivis de leur réponse spécifique, mais en ce cas la sollicitation est reportée sur un autre membre de la société.

La variabilité de forme et la moindre fréquence des échanges, ainsi que le caractère souvent abortif des actes préliminaires, font apparaître le comportement trophallactique de *Ponera eduardi* comme *archaïque*, comparé à celui des Fourmis supérieures.

Il est probable que les échanges alimentaires de bouche à bouche sont pratiqués par les adultes d'autres espèces de Ponérides, au moins dans les tribus supérieures. Certains auteurs paraissent avoir été témoins de quelques-uns des faits décrits plus haut; mais ils y ont vu un simple léchage de la gula, « signe annonciateur » de la régurgitation (7), ou bien des poursuites « sans but » (8).

L'étude détaillée des relations inter-individuelles au sein d'autres espèces de *Poneridæ* permettra sans doute de suivre, dans cette famille, souche probable de tous les autres groupes de *Formicoïdea*, la naissance et le début de l'évolution du comportement trophallactique, si important dans la vie sociale du plus grand nombre des Fourmis.

BIOLOGIE EXPÉRIMENTALE. — *Action du propionate de testostérone sur la différenciation sexuelle des embryons de* Scylliorhinus canicula *C.* Note de M. **Jean-Jacques Thiebold**, présentée par M. Maurice Caullery.

Les embryons de Roussette, de taille comprise entre 2 et 2,5 cm (stades *K* et *L* de Balfour), présentent deux ébauches gonadiques équivalentes, indifférenciées, bien individualisées dans la partie antérieure du tronc, de part et d'autre du mésentère dorsal. Elles comportent un stroma mésenchymateux recouvert par l'épithélium cœlomique, épaissi seulement à la partie dorsale pour former l'épithélium germinatif, peuplé de cellules germinales primordiales disséminées en îlots de deux à trois cellules.

Chez les embryons génétiquement ♂ atteignant 2,5 à 3 cm, s'amorce une migration, vers le stroma médullaire de l'ébauche, des cellules germinales qu'accompagnent de petits éléments somatiques. Cette première différenciation ♂ conduit, chez l'embryon de 6 à 7 cm, à la formation de cordons progerminatifs qui sont à l'origine des sacs progerminatifs du testicule immature différencié.

Chez les embryons génétiquement ♀ ayant atteint la taille de 6 à 7 cm, la seule différenciation décelable par rapport aux ébauches indifférentes

(7) C. P. Haskins, *J. N.Y. Ent Soc.*, 38, 1930, p. 121-126, pour *Proceratium croceum*.

(8) L. G. et R. G. Wesson, *Amer. Midl. Nat.*, 24, 1950, p. 89-103, pour une autre *Proceratiini, Sysphincta pergandei*.

est la régression de l'ébauche gonadique gauche, particulièrement sensible dans sa région caudale; l'ébauche droite, au contraire, s'accroît normalement en conservant, à sa partie dorsale, un épaix cortex quiescent.

L'hormone ♂ (propionate de testostérone), administrée à des embryons n'ayant pas atteint la taille critique de 2 cm, par injection intravitelline à la dose de 1 mg, administrée en deux fois à un mois d'intervalle, ne semble avoir influencé en rien l'évolution des ébauches génitales chez les ♀ génétiques sacrifiées au stade de 7 cm (l'ébauche gauche régresse normalement, la localisation germinale reste corticale dans l'ébauche droite). Par contre, à cette dose, l'évolution des ébauches gonadiques des ♂ génétiques a été fortement influencée : gonades réduites de moitié par rapport aux gonades des ♂ témoins de même âge; retard considérable dans l'évolution de l'épithélium germinatif, quelques cellules germinales seulement ayant amorcé leur migration vers le mésenchyme médullaire; section subcirculaire des ébauches, caractéristique des stades témoins plus jeunes amorçant seulement leur différenciation.

L'hormone ♂, administrée à dose assez forte (1 mg), semble donc exercer sur la différenciation des ébauches gonadiques ♂ une action frénatrice, tendant au maintien de structures ♀ de type cortical. L'examen des résultats obtenus au niveau des gonades pourrait donc faire croire à une action féminisante du propionate de testostérone, qui n'entrave pas le déroulement des différenciations ♀ normales et maintient l'existence d'un cortex important dans les ébauches ♂, sans toutefois provoquer la régression de l'ébauche gauche des ♂. Cette action nous semble le fait d'une inhibition partielle de la différenciation ♂ de la gonade, qui garde tardivement les structures corticales et ne présente que de timides poussées cordonnaires.

Des actions du même ordre, décrites par ailleurs ([1]), se retrouvent au niveau du tractus génital des embryons traités, qui, à côté d'effets nettement masculinisants (apparition de bourgeons myxiptérygaux et modifications morphologiques dans le sens ♂ des nageoires pelviennes chez les ♀ ; hypertrophie de la partie séminale vésiculaire des canaux de Wolff, chez les ♀ comme chez les ♂), présentent des perturbations du développement normal des ébauches qui peuvent être interprétés, soit comme des effets masculinisants chez la ♀ (persistance du rein antérieur; absence de la partie postérieure du canal de Müller), soit comme un effet féminisant chez le ♂ (persistance d'une partie importante de la région antérieure du canal de Müller au niveau du rein antérieur). Les rapports existant entre les formations müllériennes persistantes et les canaux de Wolff, soulignent

([1]) J.-J. Thiebold, *C. R. Soc. Biol.*, séance du 15 novembre 1952 (à l'impression).

le bien-fondé de l'hypothèse d'un blocage des processus du développement normal des ébauches du tractus génital.

La morphologie du tractus génital de tous les embryons traités, présentait une étroite analogie avec un cas d'intersexualité spontanée, décrit par Chapman (1951) (²) sur une Roussette adulte.

BIOLOGIE EXPÉRIMENTALE. — *Régénération de parties du corps chez l'Annélide* Hydroïdes norvegica (*Gunn.*). Note de M. **Jean Cresp**, présentée par M. Louis Fage.

Le corps du Serpulide *Hydroïdes norvegica* (Gunn.) comprend une région thoracique de sept sétigères et une région abdominale séparée de la première par une courte zone achète. Le premier segment du thorax, que j'appellerai *prothoracique*, ne porte que des soies dorsales sans uncini.

A. *Régénération postérieure.* — La régénération postérieure est possible dans toute la région abdominale et dans la région thoracique jusqu'à un niveau très antérieur (section passant derrière le premier thoracique vrai). Elle n'est complète que si la section intéresse la moitié postérieure du thorax et débute toujours par la mise en place du pygidium. Les premiers segments régénérés complètent le thorax amputé et une membrane thoracique nouvelle se raccorde à l'ancienne. Dans la région achète, on obtient souvent des régénérats anormaux.

B. *Régénération antérieure.* — La régénération antérieure n'est possible que dans la région thoracique et, exceptionnellement, dans la région achète.

La cicatrisation est toujours possible, même dans la région abdominale où elle n'est pas suivie de régénération. Elle s'effectue selon deux modes différents : dans la région prothoracique, l'œsophage stomodéal intéressé par la section se soude directement à la paroi du corps; dans la région thoracique proprement dite, l'intestin sectionné finit par se refermer en cæcum tandis, que l'épiderme rétablit sa continuité.

La cicatrisation est suivie par l'établissement d'une vascularisation importante d'où naissent deux vaisseaux destinés à irriguer les deux groupes de bourgeons branchio-operculaires, l'apparition de ces derniers constituant le premier indice de régénération. De chaque côté, les bourgeons branchio-operculaires se disposent suivant un arc de cercle dorso-ventral. Le deuxième de la série, apparu le premier, se différencie très tôt en bourgeon operculaire, les autres évoluant en filaments branchiaux. Ce mode de

(²) *Proc. Zool. Soc. London*, **121**, n° 3, 1951, p. 511-513.

différenciation rappelle celui que l'on peut observer dans l'ontogénie normale ([1]).

Après les premiers bourgeons, la collerette et la membrane thoracique régénérées apparaissent sous la forme d'ébauches paires respectivement ventrales et latérales. La membrane thoracique régénérée se raccordera ultérieurement à la membrane thoracique ancienne. Toujours après les premiers bourgeons, l'invagination stomodéale se développe plus ou moins précocement. Le cerveau, puis les ocelles qui sont en rapport direct avec lui, n'apparaîtront qu'après la différenciation des quatre premières paires de bourgeons. La néphridie thoracique, lorsqu'elle a été extirpée avec les premiers segments thoraciques, est régénérée. Finalement, trois semaines après l'amputation, il apparaît une paire de soies prothoraciques.

Conformément aux observations de M. La Greca ([2]), la régénération est toujours limitée à la restitution du prostomium et du segment prothoracique (région céphalique des Annélides). On n'observe jamais, comme chez les Sabellides et le Serpulide *Filograna* (*Salmacina*) de processus tardifs de « morphallaxie » tendant à restituer les segments thoraciques manquants par transformation de segments abdominaux. Les parties restituées, lobe prostomial, trompe, le sont d'ailleurs très incomplètement.

On observe souvent dans la régénération antérieure un défaut de synchronie entre les deux moitiés droite et gauche du régénérat indiquant une certaine indépendance morphogénétique entre ces deux moitiés. Cette asymétrie subsiste après destruction et réparation du régénérat le plus avancé. Lorsque la section est oblique, la régénération antérieure est toujours plus précoce sur la moitié longue, mais le segment prothoracique est toujours seul restitué.

Gradient de régénération. — Le temps qui s'écoule entre la cicatrisation et l'apparition des premiers bourgeons régénérés augmente lorsque la section est déplacée d'avant en arrière; la régénération demande deux jours dans la région prothoracique, de 4 à 6 jours dans les premiers segments thoraciques. A partir du sixième thoracique, elle est encore plus lente et peut demander 20 jours dans la région achète.

D'autre part, dans les derniers segments thoraciques, la régénération est beaucoup moins fréquente et devient, dans la région achète, exceptionnelle et toujours anormale. Des régénérations anormales peuvent s'observer à tous les niveaux, mais surtout à partir du sixième thoracique : formation d'un opercule supplémentaire sur un panache du régénérat; coalescence des deux panaches (dans les niveaux thoraciques postérieurs); développement d'un seul panache dans la zone achète; régénération des

([1]) Zeleny, *J. Exp. Zool.*, 2, 1905.
([2]) *Arch. Zool. Ital.*, 37, 1952.

soies prothoraciques en l'absence de régénérat branchio-operculaire. Ces anomalies, dont l'étude détaillée fera l'objet d'une communication ultérieure, offrent donc une série complète reliant une régénération normale à l'absence de régénération.

La disparition totale du pouvoir de régénération antérieure dans la région abdominale ne semble donc pas liée à l'organisation morphologique de cette région, mais à une transformation des propriétés morphogénétiques qui se manifeste déjà dans la région thoracique.

En conclusion, chez *Hydroïdes*, la régénération n'est possible dans les deux directions que si le corps a été sectionné dans la région moyenne du thorax.

Il est assez curieux d'observer que, chez le seul Serpulide capable de multiplication asexuée, *Salmacina*, les bourgeons ne se forment pas dans la région thoracique, seule bipotente chez *Hydroïdes norvegica*, mais dans la région abdominale.

BIOLOGIE EXPÉRIMENTALE. — *Production d'adultoïdes chez* Locusta migratoria *L.* (*Insecte orthoptéroide*). Note (*) de M. **Pierre Joly**, présentée par M. Pierre-P. Grassé.

Des expériences antérieures ([1]) ont montré que l'implantation à des larves grégaires de *Locusta migratoria* relativement âgées de complexes rétro-cérébraux, prélevés sur des imagos également grégaires ([2]), est susceptible d'introduire chez l'animal récepteur une pigmentation verte qui se manifeste lors de la première mue suivant l'intervention. Cette pigmentation verte ne se rencontre normalement que dans la phase solitaire.

Ces expériences ont été reprises et ont montré, d'une part que la partie active du complexe est le *corpus allatum*, et d'autre part, que si l'on pratique les implantations sur des larves assez jeunes (stades II et III), en plus de l'apparition de la pigmentation verte, on obtient des changements morphologiques pouvant s'interpréter comme une inhibition plus ou moins complète de la métamorphose.

Ces animaux à développement perturbé peuvent être classés en trois catégories : les adultoïdes, les pseudoadultes et les adultes verts.

Les adultoïdes ont, avec la taille de l'imago, une morphologie très voisine de celle des larves du 5e stade, les ailes notamment ont une forme et une structure franchement larvaires. Les pseudoadultes se rapprochent au

(*) Séance du 17 novembre 1952.

([1]) *Ann. Sc. Nat. Zool.*, 11, n° 2, 1949, p. 255; *C. R. Soc. Biol.*, 145, 1951, p. 1362.

([2]) J'entends par grégaire des larves maintenues dès l'éclosion en élevage dense et présentant la pigmentation caractéristique de la phase gregaria.

contraire beaucoup de l'imago, mais conservent quelques traits larvaires; les ailes bien que du type imaginal sont relativement courtes et généralement chiffonnées, le pronotum est le plus souvent lui aussi mal étendu. Chez les adultoïdes comme chez les pseudoadultes la pigmentation verte qui s'était développée à la suite de l'implantation de *corpora allata* peut régresser lors de mues ultérieures et l'animal reprend une pigmentation grégaricolore mais de type franchement larvaire (pigmentation noire et orange) même dans le cas d'un pseudoadulte dont la morphologie est presque celle de l'imago normal qui ne présente jamais ce type de pigmentation.

Les adultes verts sont des imagos normalement constitués mais qui présentent néanmoins, en plus de leur pigmentation verte, quelques caractères particuliers : ailes un peu plus courtes, thorax un peu plus gros que chez l'imago grégaire normal. Ces particularités peuvent être interprétées soit comme de l'infantilisme (légère inhibition de la métamorphose), soit comme une évolution de l'animal dans le sens solitaire. Le tableau suivant donne la valeur des indices biométriques classiques pour les différentes catégories d'individus obtenus.

Les indices sont : les rapports E/F de la longueur de l'élytre à celle du fémur, P/C de la longueur du pronotum, H/C de sa hauteur, M/C de sa largeur à la plus grande largeur de la tête.

	E/F.	P/C.	H/C.	M/C.
Larves au stade III	0,22	1,15	1,14	0,88
» » IV	0,35	1,39	1,13	0,85
» » V	0,61	1,48	1,22	0,90
Adultoïdes	0,96	1,53	1,25	0,98
Pseudoadultes	1,50	1,42*	1,20*	0,85*
Solitaires d'élevage	1,70	1,50	1,30	0,98
» naturels	1,79	1,43	1,32	0,93
Adultes grégaires	1,87	1,32	1,18	0,91
Grégaires d'élevage	1,98	1,24	1,12	0,86

Les valeurs marquées d'un astérisque sont systématiquement fausses par défaut : le pronotum de ces animaux ne s'étant pas déplissé à la dernière mue, les mesures qu'il a fournies sont évidemment trop faibles.

On voit que du point de vue de la valeur des indices biométriques, les adultes verts (obtenus à partir de larves maintenues en élevage dense, mais ayant reçu une implantation de *corpora allata* d'imago) se situent entre la forme grégaire et la forme solitaire et que d'autre part les indices biométriques de la forme solitaire ont pu être encadrés par ceux des adultes verts et des adultoïdes tous obtenus à partir de larves maintenues en élévage dense.

Il ressort de ces résultats que, comme dans le cas de la pigmentation, les indices biométriques d'animaux maintenus en élevage dense ont pu être

troublés par des interventions portant sur les *corpora allata*. La perturbation obtenue rapproche les animaux opérés de la phase *solitaria* sans qu'il nous ait été possible d'obtenir des copies exactes de cette phase.

CHIMIE BIOLOGIQUE. — *Recherches sur la biochimie des composés phosphorés du lait.* VI. *Électrophérographie des protéines du sang de Lapine en lactation.* Note (*) de MM. **Eugène Robillard, Henri Simonnet** et **Joseph Sternberg**, présentée par M. Robert Courrier.

Le problème de la synthèse de la caséine comporte deux aspects : le mécanisme d'intégration du P et l'identification des précurseurs azotés et phosphorés. En ce qui concerne le mode de fixation du P sur la structure peptidique, une hypothèse que nous avons suggérée ailleurs envisageait le transport du P à la mamelle sous forme d'acide phosphopyruvique et sa transamination intramammaire en phosphosérine (1).

Le matériel azoté peut être apporté à la glande sous forme d'acides aminés libres ou engagés dans des peptides ou des protéines. Des recherches récentes ont suggéré l'hypothèse d'une intégration directe des leucines, de la valine et de la lysine dans la molécule de caséine (2), (3). Un glycoprotéide sanguin a été considéré comme étant le précurseur protéique (4). Ce glycoprotéide devrait faire partie de la fraction $\alpha 2$ globulinique, dont le contenu glucidique est connu, mais, jusqu'à présent, la nature des protéines sériques transportent les précurseurs de la caséine n'a pas été élucidée.

La comparaison du spectre protéique du sang afférent et efférent est un moyen d'aborder ce problème que nous avons utilisé en appliquant la technique de la microélectrophorèse sur papier (5), (6).

A cet effet, six lapines en lactation sont anesthésiées au nembutal; des prises de sang sont faites dans le cœur gauche, la jugulaire et la veine mammaire à des intervalles variés. Les protéines totales sont déterminées par la méthode du biuret; les taux relatifs des fractions protéiques sont établis par électrophérographie. Les résultats sont condensés dans le tableau suivant.

L'examen de ce tableau conduit aux remarques suivantes : 1° la différence entre le taux artériel et le taux veineux des protéines totales n'est pas significative; 2° dans le spectre protéique, la variation la plus marquée se voit dans la fraction β, dont la diminution, constante, peut atteindre 50 % après passage

(*) Séance du 24 novembre 1952.

(1) H. Simonnet et J. Sternberg, *Bul. Soc. Chim. Biol.*, 33, 1951, p. 1240.

(2) P. N. Campbell et T. S. Work, *Biochem. J.*, 49, 1951, XLVI.

(3) J. H. Bouckaert, W. Oyaert et G. Peters, *Nature*, 169, 1952, p. 967.

(4) E. P. Reineke, M. B. Williamson et C. W. Turner, *J. Biol. Chem.*, 138, 1941, p. 83.

(5) J. Sternberg et J. Tassé, *II° Congrès International de Biochimie*, 1952, p. 193.

(6) J. Sternberg, R. Boucher et A. Proulx, *Union Méd. Can.*, 81, 1952, p. 908.

à travers la mamelle; 3° les variations de la fraction α sont inconstantes quant à leur valeur et à leur sens; 4° la fraction γ ne varie pas; 5° l'albumine est légèrement augmentée dans le sang efférent mammaire.

		PT	γ	β	α	A
Sang artériel	mg p. cm³	8.360	0.815	1.588	0.739	5.250
	p. 100	100.0	9.7	19.0	8.8	62.5
Sang veineux jugulaire	mg p. cm³	8.260	0.710	1.330	0.685	5.534
	p. 100	100.0	8.6	16.1	8.3	67.0
Sang veineux mammaire	mg p. cm³	8.180	0.646	0.801	0.753	6.056
	p. 100	100.0	7.9	9.8	9.2	73.8
Rapports			γ/G	β/G	α/G	A/G
Sg. artériel			0.25	0.50	0.23	1.64
Sg. jugulaire			0.25	0.49	0.26	2.02
mammaire			0.30	0.37	0.35	2.81

Sang artériel

γ β α A

Sang veineux mammaire

γ β α A

Les différences constatées doivent être interprétées d'après les calculs de rendement. En prenant comme base le fait généralement admis que la circulation de 400 cm³ de sang correspond à l'élaboration de 1 cm³ de lait, la différence du taux des protéines totales, bien que non significative du point de vue analytique, pourrait suffire à l'élaboration de 1,6 cm³ de lait. La différence entre les β globulines, 0,787 mg/cm³, est suffisante pour rendre compte de l'élaboration de 6,6 cm³ de lait.

Le fait que le précurseur de la caséine est transporté dans la fraction β n'implique pas *a priori* qu'il soit de nature protéique. La fraction β est complexe et renferme, entre autres, une lipoprotéine géante contenant seulement 23 % de protéines pour 77 % de phospholipides et stérols ([7]). Il est possible que le précurseur de la caséine soit transporté dans cette fraction et que les phospholipides soient métabolisés jusqu'à l'étape phosphopyruvique avant ou pendant la traversée mammaire, la transamination se faisant ultérieurement

([7]) J. L. ONCLEY, F. N. R. GURD et M. J. MELIN, *J. Amer. Chem. Soc.*, 72, 1950, p. 458.

dans la molécule ainsi remaniée. Nos recherches s'orientent vers l'étude de cette hypothèse.

Conclusions. — L'électrophérographie des protéines sériques de la Lapine en lactation révèle une diminution des globulines β après passage du sang à travers la mamelle. La β-globuline qui disparaît du sang pourrait correspondre au matériel protéique utilisé par la glande mammaire pour l'élaboration de la caséine; elle est quantitativement suffisante, même en tenant compte de l'inconnue représentée par la lymphe mammaire.

SÉROLOGIE. — *Le* pH *du sérum : ses variations et leur influence sur le titrage des antibiotiques.* Note de M. **Henri Velu** et M[lle] **Marcelle Peyré** (1), présentée par M. Gaston Ramon.

Au cours de mesures de streptomycinémies, nous avions été frappés par les différences des titres obtenus par diffusion linéaire et par dilution avec indicateur de virage.

De nombreux essais nous avaient montré que les erreurs de titrage signalées par H. Penau (2) et H. Velu (3) ne permettaient pas d'expliquer tous les écarts. L'incertitude du virage au seuil et son étalement dans certains cas nous ont amenés à nous demander si le pH du sérum n'était pas également en cause.

Nous avons donc examiné l'évolution du pH du sérum à 37°, pur ou dilué à des taux variables dans la gamme de titrage, ensemencée ou non.

1° *Évolution du* pH *du sérum non chauffé.* — Les mesures effectuées sur divers échantillons avant et après un séjour à 37° en tubes à essais montrent que, dans les conditions des titrages, l'évolution du pH du sérum sanguin vers l'alcalinité est beaucoup plus rapide que ne l'ont signalé H. Plotz et M. Schoen (4) puisque 5 jours ne sont pas nécessaires mais 18 h seulement comme le montre le tableau suivant :

	Échantillons	1.	2.	3.	4.
pH	avant étuve	7,85	7,75	8,10	8,20
	après étuve	8,55	8,65	8,55	8,55

2° *Évolution du* pH *du sérum chauffé.* — Contrairement à E. F. Hirsch et E. C. Peters (4) qui ont constaté que la destruction du complément par

(1) Avec le concours technique de M. J. Rabin, M[lle] J. Lacoste et M[me] L. Dumas.

(2) H. Penau et collab., *Ann. Pharm. Franç.*, 8, 1950, p. 26.

(3) H. Velu et D. Chabanas, *Ann. I. P.*, 75, 1948, p. 189.

(4) *Comptes rendus*, 178, 1924, p. 126.

(4) *J. Inf. Dis.*, 30, 1922, p. 263.

chauffage à 56° s'accompagne de changements de la concentration ionique qui finit par se stabiliser à valeur constante, nous avons observé que l'évolution du pH se poursuit au cours du séjour ultérieur à 37° comme dans le cas précédent.

Sérum	Non chauffé.	Chauffé 30 m à 56°.	Chauffé puis porté 15 h à 37°.
pH	8,20	8,40	8,75

3° *Évolution du* pH *des tubes de la gamme non ensemencés.* — Dans les tubes non ensemencés de la gamme de titrage, le pH évolue également au cours du séjour à l'étuve, en fonction de la quantité de sérum mise en jeu (généralement de 6,66 % à 66,6 %), alors que dans la gamme étalon sans sérum, il n'y a pas de variation.

Gammes....	Étalon.	Échantillon sérum.									
% de sérum.	0	6,66	13,3	20	26,6	33,3	40	46,5	53,2	60	66,6
pH initial...	7,60	7,60	7,75	7,80	7,80	7,85	7,85	7,85	7,90	7,90	7,95
pH final....	7,60	7,70	7,90	8,00	8,10	8,15	8,20	8,25	8,30	8,40	8,55

4° *Évolution du* pH *des tubes de la gamme ensemencés.* — Dans les tubes inhibés, et par conséquent ensemencés, le phénomène est identique quoique moins accusé; il se complique du fait que le germe peut encore utiliser les glucides et modifier le pH en sens inverse du sérum.

	% de sérum....	13,3.	20.	26,40.	40.
pH final	Tubes non ensemencés....	7,80	7,90	8,05	8,30
	Tubes correspondants ensemencés, inhibés....	7,70	7,75	7,85	8,00

En somme, le pH des tubes de la gamme échantillon n'évolue pas parallèlement à celui des tubes de la gamme étalon sans sérum. Aucune comparaison n'est donc possible entre ces deux gammes bien que, dans certains cas sur lesquels il serait trop long de s'étendre ici, les divers facteurs d'erreur puissent s'annuler et faire croire alors à la fidélité de la méthode.

Pour bien mettre en évidence les erreurs qui peuvent se rencontrer, il suffit de rechercher la concentration inhibitrice d'un antibiotique donné, la streptomycine par exemple, en présence de concentrations différentes de sérum correspondant aux divers cas qui peuvent se présenter au cours des titrages. Elle a varié par exemple entre 0,4-0,8 et 2-2,4 γ/cm^3 dans le cas ci-dessous :

% de sérum.........	0.	6,6.	33,3.	66,6
Seuil en γ/cm^3........	2-2,4	1,2-1,6	0,8-1,2	0,4-0,8

En résumé, pendant les titrages par les méthodes de dilution, des modifications importantes d'activité des antibiotiques, surtout des antibiotiques basiques (streptomycine, streptothricine, néomycine) dont l'activité augmente

avec l'alcalinité ([5]), dues aux variations du pH sérique entraînent parfois par rapport à la gamme étalon, des déplacements tels du seuil d'inhibition qu'ils enlèvent toute précision aux résultats obtenus, même si l'on prend la précaution de chauffer le sérum à 56°. Ces méthodes, très sujettes à caution, doivent donc céder la place, soit à la diffusion linéaire en tubes que nous utilisons avec satisfaction depuis plusieurs années ([6]), soit à la diffusion horizontale codifiée par la F. D. A.

PATHOLOGIE EXPÉRIMENTALE. — *Reproduction expérimentale de l'épilepsie de type « psycho-moteur » chez le Chat.* Note (*) de MM. **Georges Morin, Henri Gastaut, Robert Vigouroux** et **Robert Naquet**, présentée par M. Léon Binet.

Diverses constatations expérimentales, relatées et discutées par l'un de nous dans un rapport récent ([1]), tendent à montrer que les structures rhinencéphaliques, principalement celles de la région amygdalienne, interviennent dans l'expression des émotions et dans l'orientation du comportement animal. L'expérimentation chronique que nous poursuivons chez le Chat, confirme cette intervention et nous a permis de produire des crises paroxystiques qui nous semblent présenter de très grandes analogies avec les manifestations caractéristiques de l'épilepsie temporale, soit par stimulation électrique de ces structures, soit par réalisation d'un foyer irritatif à leur intérieur.

Pour être efficace, le premier procédé doit être mis en œuvre sur des animaux non narcosés, en parfait état et sortis de la période de choc post-opératoire entraîné obligatoirement par leur préparation. Celle-ci consiste à mettre en place aseptiquement, en les guidant au moyen d'un appareil stéréotaxique, des électrodes filiformes solidarisées avec la paroi crânienne par plasties en acrylique ou par ciment.

Lorsque ces chats, à partir du 3e au 6e jour ont recouvré leur état normal, ils présentent, au cours de la stimulation et pendant la post-décharge qui lui succède :

1° des activités alimentaires associées à des clonies faciales homolatérales, à une salivation abondante, tandis que la pupille se dilate;

2° une modification variable de leur comportement (attention, frayeur, fureur);

([5]) Mlle M. Peyré et H. Velu, *Revue Immunologie*, 16, 1952, p. 142.

([6]) H. Velu et Mme Craipeau, *C. R. Soc. Biol.*, 154, 1950 p. 780.

(*) Séance du 24 novembre 1952.

([1]) H. Gastaut, *J. Physiol.*, 44, 1952, p. 431-470.

3° des troubles particuliers de leur état de vigilance. Le type des crises est, dans l'ensemble, fonction de la situation des électrodes.

Dans une seconde série d'expériences utilisant une technique proche de celle imaginée par Kopeloff, Barrera et Kopeloff ([2]), nous avons réalisé des lésions irritatives chroniques en pratiquant des inclusions de pâte d'alumine dans de nombreux points de la même région, la pâte étant introduite par la voie d'aiguilles convenablement dirigées au moyen d'un appareil stéréotaxique. Ces inclusions semblent d'abord inopérantes durant 30 à 45 jours, pendant la constitution du foyer. Passé ce délai, un nombre important des animaux ont fait spontanément des crises de type psychomoteur, le plus souvent partielles, mais allant quelque fois jusqu'à la généralisation, tout à fait comparables à celles qui sont déclenchées par le courant électrique dans la série précédente, crises dans l'intervalle desquelles aucun trouble particulier du comportement n'a été noté. En outre, il a été possible, chez tous les chats, de provoquer les mêmes crises en injectant, dans les muscles, des doses faibles de Cardiazol (de l'ordre de 8 mg/kg de poids vifs) inefficaces chez les témoins. L'aspect des crises spontanées ou provoquées dépend du siège et de l'importance des lésions irritatives.

Il nous paraît d'autant plus licite de rapprocher ces paroxysmes expérimentaux de ceux qui caractérisent l'épilepsie psychomotrice humaine, que leur expression électrique (déterminée par électroencéphalographie) est comparable, qu'ils sont affectés de la même façon par les agents considérés comme spécifique de cette épilepsie, qu'enfin la région amygdalienne du Chat est connectée avec le cortex situé en avant et en arrière de la scissure pseudosylvienne et sur la partie inférieure du gyrus ectosylvius, correspondant à la pointe du lobe temporal selon Jasper ([3]).

THÉRAPEUTIQUE EXPÉRIMENTALE. — *Durée des effets du traitement par l'isonicotinhydrazide* (INH) *des souris tuberculisées*. Note (*) de MM. **Constantin Levaditi, Aron Vaisman** et Mme **Henriette Chaigneau-Erhard**, présentée par M. Gaston Ramon.

Comme suite à notre étude des problèmes posés au sujet de l'activité antituberculeuse de l'isonicotinhydrazide (INH), considérée sous l'angle

([2]) *Amer. J. Psychiatry*, 101, 1949, p. 201-204.

([3]) Ces projections ont été mises en évidence par la méthode des post-décharges sur des chats anesthésiés au Dial ou sur les préparations « encéphale isolé » (H. Gastaut, R. Naquet et A. Roger, *Société d'E. E. G.*, Paris, décembre 1951).

(*) Séance du 1er décembre 1952.

expérimental ([1]), nous avons envisagé un nouvel aspect de cette question. Soit une série de souris contaminées, par voie intraveineuse, avec 1 mg d'une culture de BK (souche H 37 Rv) sur milieu de Löwenstein, âgée de 15 jours, puis traitées, dès le lendemain de l'infection, par 0,5 mg d'INH *per os* et quotidiennement pendant 30 jours. Quel est le sort de telles souris, si on les conserve durant plusieurs semaines après ce traitement ? Nous avons montré déjà qu'au moment même où elle est suspendue, une semblable cure se révèle efficiente du point de vue lésionnel et microbiologique, attendu que l' « indice » de la bacillose pulmonaire ne dépasse pas 0 à I ([2]). La présente expérience a été réalisée sur une nouvelle série de 13 sujets, examinés 68 à 121 jours après le début du traitement par l'INH. Évaluation de la surface de tissu pulmonaire restée intègre ([3]), des altérations bacillaires du poumon, de la rate et du rein, ainsi que du taux de la bacillose de ces mêmes organes. Les résultats sont consignés dans le tableau ci-après :

		Résultats.						
			Altérations microscopiques.			Taux Bacillaire.		
Souris n°	Délai de l'examen (en jours).	Poumon normal ([3]).	Poumon.	Rate.	Rein.	Poumon.	Rate.	Rein.
9040	68	5/5	0	0	0	0	0	0
9042	84	5/5	0	0	0	0	0	0
9043	87	4/5	I	0	0	I	I	0
9044	87	4/5	I	0	0	I	I	0
9050	94	4/5	0	0	0	0	0	0
9052	114	4/5	I	0	0	I	0	0
9053	121	5/5	I	0	0	I	0	0
9054	121	5/5	I	0	0	I	0	0
9045	121	4/5	I	0	0	II	I	0
9046	121	4/5	I	0	0	I	0	0
9047	121	3/5	II	0	0	II	0	0
9048	121	4/5	I	0	0	II	0	0
9049	121	2/5	II	0	0	II	I	0

([1]) C. LEVADITI, A. VAISMAN et H. CHAIGNEAU-ERHARD, *Ann. Inst. Pasteur*, **83**, 1952, p. 127; *Comptes rendus*, **234**, 1952, p. 2400; *Ibid.*, **235**, 1952, p. 450; *C. R. Soc. Biol.*, **146**, 1952, p. 873.

([2]) *Indice* 0 = absence d'altérations ou de BK; *Indice* I = lésions insignifiantes ou paucibacillose; *Indice* II = altérations ou bacillose moyennes; *Indice* III = lésions ou bacilloses accusées; *Indice* IV = altérations ou bacillose maxima.

([3]) Expression sous forme du rapport de la surface pulmonaire demeurée intègre à l'ensemble de cette surface, représenté par le chiffre 5.

De ce tableau, il résulte que :

a. Du point de vue de l'intégrité de la surface pulmonaire : celle-ci a varié entre 4/5 et 5/5 chez tous les animaux, sauf deux (souris 9049 et 9047), chez lesquels elle n'a été que de 2/5 et 3/5.

b. En ce qui concerne les altérations pulmonaires : deux séries d'animaux ont fourni des résultats nettement dissemblables. Une première série, de 6 animaux, examinée entre 68 et 114 jours après l'inoculation infectante, a présenté des lésions dont l'intensité a oscillé entre 0 (3 cas) et 1 (3 cas également), alors que la seconde, de 7 sujets, examinée le 121e jour, a montré des modifications histologiques entre I et II.

c. Pour ce qui a trait au taux bacillaire du poumon, son évaluation a fourni des chiffres identiques aux précédents. La rate a contenu des bacilles (indice I) par quatre fois; le rein a été, dans tous les cas, exempt de BK.

Ces données, comparées à celles qui sont relatives aux souris témoins (mortes entre 19 et 31 jours), dont l'indice des altérations et de la bacillose pulmonaires a été de II à IV dans 100 % des cas, permettent de conclure comme il suit :

Conclusions. — *L'INH assure, chez la Souris tuberculisée, une protection efficace (indice* 0 *à* I) *pendant un minimum de* 114 *jours après la contamination. Après ce délai, des récidives, aussi bien histopathologiques que bacillaires, se manifestent. En effet, au bout de* 121 *jours, de telles rechutes ont été constatées (indice* II *dans* 4 *cas sur* 7); *elles n'ont, néanmoins, jamais atteint le degré de l'infection pulmonaire présente chez les animaux témoins non traités. Il en résulte que l'effet curatif antituberculeux de l'INH persiste longtemps après la cessation du traitement.*

La séance est levée à 15 h 50 m.

R. C.

ACADÉMIE DES SCIENCES.

SÉANCE ANNUELLE DES PRIX DU LUNDI 15 DÉCEMBRE 1952.

PRÉSIDENCE DE M. ALBERT CAQUOT.

M. ALBERT CAQUOT prononce l'allocution suivante :

MES CHERS CONFRÈRES,

L'an qui s'achève a vu disparaître six de nos confrères, et nous conserverons pieusement leur souvenir.

HENRI HARTMANN, Membre de la section de Médecine et Chirurgie, nous quittait en janvier.

Né à Paris en 1860, il appartenait à une de ces nombreuses familles alsaciennes qui ressentirent d'une façon si profonde les malheurs de 1870. En 1881, il réussissait l'internat, devenait aide d'anatomie en 1884, prosecteur en 1886 et chirurgien des Hôpitaux en 1892.

Homme d'action à la fois audacieux et prudent, observateur précis et perspicace il fut rapidement un chef d'école aimé et suivi par de nombreux disciples dont beaucoup devinrent des maîtres.

Il professa de longues années à la Faculté de Paris, et son œuvre écrite de grand chirurgien est originale et profonde. Il revient fréquemment dans son enseignement sur l'anatomie pathologique. L'intervention du chirurgien n'est à ses yeux, pour le malade, qu'un court moment dans une évolution qu'il faut arrêter ou modifier. D'où sa conception de la zone opératoire qui doit s'étendre en suivant la frontière tracée dans les organes par cette modification dans le domaine où elle est devenue irréversible.

Il eut recours, pour préciser les phénomènes correspondants, à l'expérimentation directe sur le Chien, afin d'en bien préciser les caractéristiques.

Universellement connu par sa science, plus de 30 sociétés scientifiques étrangères s'étaient assurées le concours de ce maître de la chirurgie qui fut aussi un grand homme de bien.

Bernard Lyot mourait subitement en avril, en mission officielle près du Caire, en Égypte, en revenant d'observer l'éclipse de Soleil à Khartoum. Il appartenait à la section d'Astronomie et, né en 1897, il n'avait que 42 ans, quand il fut nommé Membre de notre Académie, celle-ci ne faisait alors que consacrer une réputation mondiale.

En 1920 une visite à l'observatoire de Meudon décida de sa carrière, au contact de Pérot et de Deslandres.

Dès 1931, il élucide ce phénomène très discuté de la polarisation partielle de la lumière des planètes, grâce à un polarimètre de son invention, beaucoup plus sensible que les instruments connus.

Par des expériences précises de laboratoire il détermine la proportion de la lumière polarisée dans la lumière diffusée par les différents corps solides, ou par les particules en suspension dans les gaz, et compara ses résultats expérimentaux, aux résultats observés sur les planètes, ce qui permit de pénétrer plus intimement dans leur constitution.

Un autre problème plus difficile encore fut par lui résolu pour la connaissance de la couronne solaire, grâce à l'observation directe en tous temps, en dehors des éclipses.

Son coronographe enregistre les spectres de la couronne et particulièrement les protubérances avec une grande richesse. Lyot reçut alors les plus hautes récompenses de la « Royal astronomical Society » de Londres, et de l'« Astronomical Society of the Pacific ».

D'une activité surprenante, Bernard Lyot mit au point des filtres monochromatiques polarisant très lumineux qui constituent une très difficile réalisation de physique expérimentale, et bien d'autres appareils étaient conçus par lui quand il fut terrassé à la suite du travail exténuant qu'avait nécessité l'observation de l'éclipse à Khartoum.

Sa perte est irréparable pour l'Astronomie physique.

En septembre, nous perdions **Charles Pérez** Membre de la section d'Anatomie et Zoologie.

Il était né à Bordeaux en 1873, fils du professeur de Zoologie à la faculté de cette ville, notre ancien Correspondant.

Entré à l'École Normale en 1895, il était dès 1902 Docteur ès Sciences avec une thèse sur la métamorphose des Fourmis, et il recevait successivement deux prix pour ses travaux et particulièrement ceux qui concernent l'embryologie générale.

En 1921, Charles Pérez fut nommé professeur de la Chaire de Zoologie à la Sorbonne où il poursuivit une carrière d'enseignement particulièrement apprécié, et de recherches scientifiques menées à bien.

En 1935, il était élu Membre de notre Académie.

Dans les divers types d'insectes, il montra l'importance de la phagocytose pour l'élimination des tissus et organes propres à la larve, et il fit des recherches sur la genèse et la résorption physiologique des produits sexuels.

Sa croisière dans le Golfe Persique l'avait très tôt dirigé spécialement sur la faune Marine et il l'étudia avec continuité sur la côte française à Arcachon, à Wimereux et à Roscoff, en élucidant les formes et les fonctions du parasitisme, et en approfondissant les modifications déterminées sur leurs hôtes.

Il clarifia la nature du groupe énigmatique des vers nématoïdes qui seulement à l'âge adulte flottent en surface. La première partie de leur vie s'écoule comme parasites des Pagures et des Crabes.

Ainsi Charles Pérez, par des travaux précis conduits avec une méthode sévère, put élucider un grand nombre de ces faits de parasitisme, qui jouent un si grand rôle dans la faune Marine.

D'une exquise urbanité ce savant ne laisse derrière lui que des regrets.

Ernest Vessiot, grand mathématicien disparut en octobre. Né à Marseille en 1865, il avait dès sa sortie de l'École normale retenu l'attention par la clarté de ses exposés de professeur dans les facultés des Sciences.

En 1902, un Mémoire remarquable sur un sujet proposé par notre Académie relatif à la Théorie des groupes lui valut à l'unanimité le grand prix des Sciences mathématiques.

Dès 1914, il était président de la Société mathématique de France puis fut nommé professeur à la Sorbonne, enfin Directeur de l'École normale supérieure.

De 1902 à 1942, il fut cinq fois lauréat de notre Académie et il fut élu Membre dans la section de Mécanique en 1943.

Ses travaux se rapportent surtout à l'intégration des équations différentielles dans la ligne tracée pour les groupes par Galois et suivie par Sophus Lie.

Ils sont caractérisés par leur profondeur, leur rigueur parfaite et leur lucide élégance, d'après le jugement de Painlevé. Ernest Vessiot a créé la théorie de l'intégration des faisceaux de transformations infinitésimales pour la solution des systèmes d'équations aux dérivées partielles, par une extension de la théorie des groupes de transformation dominée par la notion de structure.

Ses études sur la propagation des ondes permettent de comprendre ce phénomène en physique mathématique, en optique, en hydrodynamique et en élasticité.

Les travaux de Vessiot appliqués à la théorie d'Einstein sur la Relativité générale ont abouti à l'identité des lois des ondes lumineuses, électromagnétiques et de gravitation.

Il fut un maître vénéré pour les nombreuses générations de ses élèves.

Louis Lapicque vient de s'éteindre il y a quelques jours. Il était Membre de notre section d'Économie rurale.

Né à Épinal en 1866, il fit ses études supérieures à la Sorbonne et était licencié ès Sciences naturelles dès 1886. Il se consacra tout d'abord aux recherches de laboratoire, puis fit de 1892 à 1893 une mission scientifique particulièrement fructueuse en Abyssinie, en Malaisie et au Golfe Persique pour l'étude des races humaines.

En 1895, il était docteur en Médecine et en 1897 docteur ès Sciences naturelles.

Plusieurs fois lauréat de notre Académie il fut élu en 1930.

L'œuvre considérable de Louis Lapicque lui a valu une grande réputation parmi les physiologistes. Comme professeur de Physiologie générale à la Sorbonne, il eut un laboratoire très actif où de jeunes savants venaient recueillir de tous pays son enseignement si précis et si varié.

Sa mission de 1892 l'avait conduit à l'étude des races humaines. Dès lors il s'occupa sans cesse, du rapport du poids du cerveau, au poids du corps en cherchant les variations et en analysant les causes multiples de ces variations.

La ration alimentaire retint aussi son attention, et avec sa précision coutumière il reprit les expériences en agissant sur les paramètres du milieu, et en chimie physiologique il étudia les mutations du fer et en fit un examen statistique.

Mais l'œuvre capitale de Louis Lapicque, celle qui eut un immense retentissement fut relative à la détermination de la loi d'excitation électrique du système nerveux, en fonction de l'intensité et du temps, et il aboutit à la notion de *chronaxie* qu'il définit et qui est devenue classique.

Dans ses études tous les éléments sont précisés, et des expériences distinctes, en faisant varier chaque paramètre indépendamment, permettent de remonter aux causes.

Avec Louis Lapicque disparaît une belle figure de savant unanimement respecté pour sa science comme pour l'indépendance de son esprit.

Un de nos Membres associés, le célèbre savant anglais **Sir Charles Sherrington**, prix Nobel et ancien Président de la Société Royale de Londres s'est éteint en mars à Eastbourne dans le Sussex à l'âge de 95 ans.

Ce physiologiste éminent appartenait à notre Compagnie comme Correspondant depuis 1923, puis comme Associé depuis 1945.

Ses travaux d'une importance fondamentale sont classiques dans la Science moderne.

Étant professeur à Oxford, il publia en 1906 son célèbre Mémoire sur les actions et réactions réciproques des circuits nerveux, et il a montré comment l'organisme agissait spontanément pour coordonner les mouvements et assurer leur stabilité.

La pression de contact déterminée par la fonction musculaire est contrôlée par les éléments nerveux subissant cette pression et réagissant à leur tour pour assurer le réglage de l'action du muscle.

Il situa aux synapses, c'est-à-dire aux zones des contacts des neurones, la fonction propre du système nerveux.

Tous ceux qui ont approché ce savant ont décrit sa personnalité pleine de charme et de modestie.

Au mois d'avril de cette année, en moins d'une semaine nous avons perdu trois correspondants.

Le docteur **Theodor Mortensen** décédé à Copenhague, à l'âge de 84 ans, était notre Correspondant depuis 1948, dans la section d'Anatomie et Zoologie.

Ses travaux ont porté essentiellement sur les Echinodermes, ce grand voyageur explorant à maintes reprises l'océan Indien et le Pacifique.

La caractéristique de ses travaux est la constante liaison qu'il établit dans l'étude entre l'animal et le milieu qui l'entoure et il a réussi à terminer son œuvre en publiant les 16 tomes de sa Monographie des Echinides des Mers du Globe.

Ce savant éminent ne comptait dans notre pays que des amis.

Le physicien **Hendrik Anthony Kramers** est mort à Leyde à l'âge de 57 ans. Il était notre Correspondant depuis 1947.

Il eut pour maître Lorenz et Ehrenfest et fut l'assistant de Niels Bohr à Copenhague. Il réussit alors à prévoir et à calculer la répartition des intensités dans le spectre continu des rayons X et ses résultats ont été confirmés par la Mécanique quantique.

Pour la dispersion de la Lumière il fit le passage de la théorie classique à la théorie quantique, ce qui permit à Heisenberg de concevoir sa Mécanique quantique.

Après l'apparition de la Mécanique ondulatoire il en fit pour ses élèves des universités d'Utrecht et de Leyde un puissant instrument de recherches adapté à la solution de nombreux problèmes de physique. Sa grande notoriété lui avait valu d'être président de la Commission de l'énergie atomique de l'O. N. U. et président de l'union internationale de Physique pure et appliquée.

Le mathématicien **Guido Castelnuovo** s'est éteint à Rome à l'âge de 86 ans.

Dès 1886 il était à Turin l'assistant d'Enrico d'Ovidio et en 1891, fut professeur à l'université de Rome.

Ses premiers travaux se rapportent à la théorie des courbes envisagée avec le langage de l'hyperespace.

C'est ensuite la théorie des surfaces dans laquelle il introduit des notions fondamentales, et ouvre la voie d'une Géométrie renaissante développée dans l'école Italienne.

Son activité universitaire fut exceptionnelle, et il sut se rendre compte à l'avance de l'évolution des disciplines nouvelles et de leur importance. Son imagination puissante fut celle d'un créateur. Dès la constitution de la République Italienne après les années d'épreuve dues aux lois raciales, il fut nommé président de l'Académie des « Lincei », Commissaire général au Conseil national de la recherche, et président de la société Européenne de culture.

Il y a quelques jours, l'Académie apprenait la nouvelle perte qu'elle venait de faire en la personne de l'illustre explorateur suédois, **Sven Hedin**, Correspondant pour notre section de Géographie et Navigation.

Particulièrement attaché au Continent asiatique, il parcourut, dès sa première traversée, qui dura trois ans, de 1894 à 1897, les plateaux neigeux à une altitude moyenne de plus de 6 000 m; il faillit y perdre toute sa caravane. Les ruines du Sud-Est du Pamir et du Takla Morkan furent relevées, ainsi que le cours du Tarim, jusqu'au Lob Nor.

Dans un second, puis un troisième voyage, il explora les bourrelets de chaînes d'où découlent le Bramapoutre, l'Indus, etc.

C'est ainsi qu'il nous a fait connaître lés innombrables lacs des plateaux et qu'il a résolu l'énigme du Lob Nor, type du lac de steppe désertique.

Il meurt à 87 ans, nous laissant une cartographie désertique comprenant 1149 feuilles, appuyées sur 114 points astronomiques.

* * *

Nous ne pouvons manquer d'être frappés du sens humain et de la modestie de ces grands savants quand nous rappelons leur activité bienfaisante en toutes directions.

Et cependant, le développement prodigieux de la Science et de ses applications depuis un siècle ne semble pas avoir entraîné de progrès sensibles dans la marche de l'humanité vers une vie plus heureuse.

Le Savant apparaît comme ce semeur des gravures anciennes qui lance son grain à la volée sans pouvoir modifier favorablement les conditions de vie du milieu physique et chimique dans lequel la plante va grandir.

Bien plus, il est souvent fort oublié des organismes qui feront la récolte, et qui se constituent parfois autour de personnalités dont le fanatisme intransigeant et aveugle remplace les clartés de l'esprit.

La puissance prodigieuse de la Science pour le bien de tous est à peine utilisée, tandis que des groupements rivaux développent avec frénésie ce qui peut contribuer à accroître leur puissance ou à calmer leurs appréhensions.

Nous voyons de grands peuples développer leur population périodiquement ravagée par la famine, bien que disposant, dans les puissantes condensations de leurs montagnes, des quantités d'eau nécessaires pour décupler la fertilité de leurs terres arables.

La consommation des matières premières se poursuit dangereusement suivant une progression géométrique dans la suite du temps, et les peuples favorisés par leur faible densité et la richesse géologique de leur territoire, consomment près de la moitié de la production mondiale pour moins d'un dixième de la population totale.

Ce manque d'organisation générale n'est pas un fait nouveau et c'est pourquoi les époques de grande civilisation se sont situées dans les nations, grandes ou petites, aux époques où le hasard a placé une autorité dirigeante entourée des meilleurs esprits et conduisant l'activité vers l'intérêt général.

Il en fut ainsi du temps de Périclès, d'Auguste, de Saint-Louis et de Louis XIV. Il en sera de même demain dans toute République qui développera et utilisera les élites pour assurer le mieux être de chacun simultanément avec l'épanouissement de sa liberté.

Les grandes étapes de la vie de ces hommes de science et hommes de bien que nous venons de rappeler en l'année où ils ont disparus nous montrent l'influence maîtresse du cadre où ils ont vécus, influence qui peut être favorable, mais aussi qui est souvent fatale. Les immenses

possibilités de leur esprit ne pouvaient avoir leur plein épanouissement que dans le champ de la pensée contemporaine, mais avec le maximum de liberté individuelle compatible avec les servitudes matérielles de l'organisme humain. Tous ont lutté pour s'assurer cette indépendance intellectuelle sans laquelle la vie ne vaudrait pas d'être vécue et si, en ce jour, nous rappelons leurs vertus, c'est précisément parce qu'ils ont eu le courage et la force nécessaires pour penser pleinement et écarter les tentations comme les obstacles de la route.

Mais combien de leurs contemporains également doués au départ se sont laissés arrêter par ces mêmes obstacles et ont consenti à vivre au ralenti dans un milieu trop lourd pour leur vigueur et ont laissé sans emploi de belles facultés de compréhension et de création qui eussent profité à l'ensemble de leur pays.

Cette formation et ce développement des Élites pour le service de Tous doit être le souci majeur de toute nation moderne.

Quand nous étudions en toutes directions, nous voyons que, par l'application correcte de la notion du rendement, il serait possible de multiplier, par un facteur élevé, l'efficacité en tous domaines. Après avoir supprimé la misère il serait facile d'assurer, à la Nation, une situation beaucoup plus prospère.

Le fils de l'Organisateur de la victoire, lui-même fort illustre comme fondateur de la thermodynamique, Sadi Carnot, termine son célèbre Mémoire sur la puissance motrice du feu, base de notre civilisation économique actuelle, par cette réflexion qui s'applique rigoureusement à notre époque :

« Savoir apprécier, dans chaque cas, à leur juste valeur, les considérations de convenance et d'économie qui peuvent se présenter, savoir discerner les plus importantes de celles qui sont seulement accessoires, les balancer toutes convenablement entre elles, afin de parvenir, par les moyens les plus faciles, au meilleur résultat, tel doit être le principal talent de l'homme appelé à diriger, à coordonner entre eux les travaux de ses semblables, à les faire concourir vers un but utile de quelque genre qu'il soit. »

N'est-ce point là l'œuvre de précision et de vérité qu'entreprend tout savant et que doit entreprendre tout homme d'État.

Et lorsque se pose pour nous un projet quelconque, à l'échelle modeste d'un laboratoire, ou à l'échelle colossale de la nation, ne cherchons-nous pas à atteindre ce meilleur rendement par un calcul poussé en tous ses détails et en se basant sur les caractéristiques expérimentales les plus exactes ?

Et combien sont actuellement réalisables et qui ne seront pas même étudiés.

C'est dans la joie de concevoir et de construire, dans l'enthousiasme profond de bien servir que se réalisent les projets consciencieusement prévus.

Alors, le cerveau fonctionne pour utiliser, au seul bien commun des hommes, les forces et les lois de la nature que nous avons pu apprendre à connaître.

Aussi est-ce pour chacun de nous une sensation d'euphorie quand nous nous retrouvons chaque lundi au sein de notre Compagnie entre médecins, naturalistes, ingénieurs, chimistes, physiciens ou géomètres, chacun cherchant avec passion à agrandir le patrimoine de nos connaissances humaines pour mieux aider nos semblables dans la recherche de la vérité.

Et lorsque quelques instants après nous rentrons dans la vie, avec son cortège de tristesses nées d'illusions toujours aussi fausses, quoique toujours renaissantes, nous imaginons ce que pourrait être la grandeur d'une nation qui accepterait de s'appuyer à chaque instant sur les constatations véridiques des faits réels tels que la science permet aujourd'hui de les prévoir.

Sans doute d'aucuns pensent que le mensonge peut être parfois un palliatif contre la désespérance, mais par là leur pensée n'est plus celle de l'homme d'action qui veut la guérison. Il en est du mensonge comme de la morphine, son usage conduit à la mort.

Notre jeunesse est pleine de vie. Dans nos laboratoires, dans nos ateliers, dans nos chantiers elle s'enthousiasme pour son travail dès qu'elle en perçoit l'utilité et l'efficacité.

Ne la berçons point de mensonges et affermissons son caractère pour qu'elle puisse accepter spontanément des sacrifices dans les périodes difficiles et pour qu'elle s'exhalte dans les périodes normales en vue de faciliter le développement des sciences, des lettres et des arts.

Bref, disons-lui, avec Pascal :

« Il faut de l'agréable et du réel, mais il faut que cet agréable soit lui-même pris du vrai. »

Je donne la parole à M. Louis de Broglie, Secrétaire perpétuel, pour la lecture des prix et subventions.

PRIX ET SUBVENTIONS ATTRIBUÉS EN 1952.

MATHÉMATIQUES.

Commissaires : MM. J. Hadamard, É. Borel, H. Villat, L. de Broglie, G. Julia, J. Chazy, P. Montel, A. Denjoy, J. Pérès, N...

PRIX CARRIÈRE (10.000fr). — Le prix est décerné à M. **Marcel Brelot**, professeur à la Faculté des sciences de Grenoble, pour ses travaux d'analyse mathématique. *Rapporteur :* M. É. Borel.

PRIX VICTOR THÉBAULT (10.000fr). — Le prix est décerné à M. **Louis Couffignal**, inspecteur général de l'Instruction publique, pour ses travaux sur le calcul numérique. *Rapporteur :* M. L. de Broglie.

PRIX LEONARD EUGENE DICKSON (10.000fr). — Le prix est décerné à M. **Jean Dieudonné**, professeur à la Faculté des sciences de Nancy, pour ses travaux d'algèbre. *Rapporteur :* M. G. Julia.

MÉCANIQUE.

Commissaires : MM. Ém. Borel, A. de Gramont, H. Villat, L. de Broglie, G. Julia, A. Caquot, J. Pérès, E. Vessiot, H. Beghin, M. Roy.

PRIX MONTYON (10.000fr). — Le prix est décerné à M. **Jacques Valensi**, professeur à la Faculté des sciences de Marseille, pour l'ensemble de ses travaux de mécanique des fluides et d'aérotechnique. *Rapporteur :* M. J. Pérès.

PRIX HENRI DE PARVILLE (18.000fr). — Le prix est décerné à M. **Jean Mandel**, professeur à l'École nationale supérieure des mines, pour ses travaux sur la mécanique des solides déformables. *Rapporteur :* M. A. Caquot.

ASTRONOMIE.

Commissaires : MM. E. Esclangon, Ch. Maurain, L. de Broglie, G. Fayet, L. Picart, J. Chazy, P. Montel, B. Lyot, J. Cabannes, A. Danjon.

PRIX DAMOISEAU (10.000fr). — Le prix est décerné à M. **David Belorizky**, astronome-adjoint à l'Observatoire de Marseille, pour l'ensemble de ses travaux de mécanique céleste et notamment sur les séries de Sundman. *Rapporteur :* M. J. Chazy.

PRIX JULES-CÉSAR JANSSEN. — La médaille est décernée à M. **André Couder**, astronome titulaire de l'Observatoire de Paris, président du Bureau des longitudes, pour ses travaux d'optique instrumentale. *Rapporteur :* M. A. Danjon.

GEOGRAPHIE.

Commissaires : MM. Ch. Maurain, J. Tilho, L. de Broglie, G. Durand-Viel, A. Chevalier, É.-G. Barrillon, Em. de Martonne, R. Courrier, D. Cot, G. Poivilliers, H. Humbert.

PRIX BINOUX (16.000fr). — Le prix est décerné à M. **Paul Tchernia**, collaborateur scientifique à l'État-Major général de la Marine, pour l'ensemble de ses travaux sur l'océanographie. *Rapporteur :* M. G. Durand-Viel.

PRIX AIMÉ LAUSSEDAT (10.000fr). — Le prix est décerné à M. **Ermenegildo Santoni**, docteur-ingénieur, pour l'ensemble de son œuvre photogrammétrique et particulièrement pour sa méthode de cheminement par périscope solaire. *Rapporteur :* M. G. Poivilliers.

NAVIGATION.

Commissaires : MM. É. Borel, M. de Broglie, H. Villat, J. Tilho, L. de Broglie, G. Julia, A. Caquot, G. Durand-Viel, É.-G. Barrillon, J. Pérès, Em. de Martonne, E. Vessiot, H. Beghin, D. Cot, G. Poivilliers, M. Roy.

PRIX PLUMEY. — Le prix de 1951 (44.000fr) est décerné à M. **Robert Gibrat**, professeur à l'École nationale supérieure des mines, pour l'ensemble de ses travaux sur le haut rendement des grandes centrales thermiques. *Rapporteur :* M. A. Caquot.

Le prix de 1952 (50.000fr) est partagé entre :

— M. **Robert Legendre**, ingénieur en chef du génie maritime, pour ses travaux sur la mécanique des milieux continus (solides et fluides). *Rapporteur :* M. A. Caquot ;

— M. **Jean Stolz**, ingénieur à l'Électricité de France, pour sa contribution à la Commission de normalisation des mesures de débits fluides. *Rapporteur :* M. É.-G. Barrillon.

PHYSIQUE.

Commissaires : MM. M. de Broglie, Ch. Maurain, A. de Gramont, L. de Broglie, Ch. Mauguin, C. Gutton, F. Joliot, J. Becquerel, J. Cabannes, G. Ribaud, L. Leprince-Ringuet, E. Darmois.

PRIX GASTON PLANTÉ (10.000fr). — Le prix est décerné à M. **Bernard Gregory**, ingénieur en chef des mines, pour ses travaux sur les interactions des protons de grande énergie avec la matière. *Rapporteur :* M. L. Leprince-Ringuet.

PRIX HUGHES (10.000fr). — Le prix est décerné à M. **Michel Soutif**, maître de conférences à la Faculté des sciences de Grenoble, qui a introduit en France l'étude de la résonance magnétique nucléaire. *Rapporteur :* M. J. Cabannes.

PRIX DU GÉNÉRAL FERRIÉ (12.000fr). — Le prix est décerné à M. **Jean-Claude Simon**, ingénieur à la Compagnie de télégraphie sans fil, pour ses études de diffraction des ondes hertziennes. *Rapporteur :* M. C. Gutton.

CHIMIE.

Commissaires : MM. G. Bertrand, M. Delépine, M. Javillier, P. Lebeau, J. Duclaux, P. Jolibois, R. Courrier, L. Hackspill, P. Pascal, Ch. Dufraisse.

PRIX MONTYON DES ARTS INSALUBRES (10.000fr). — Le prix est décerné à M. **Marc Raucourt**, directeur du Laboratoire de phytopharmacie de l'Institut national de la recherche agronomique, pour l'ensemble de ses recherches sur les substances chimiques utilisables en agriculture comme antiparasitaires, et ses travaux de toxicologie et hygiène. *Rapporteur :* M. M. Javillier.

PRIX LA CAZE (35.000fr). — Le prix est décerné à M. **Jean-Lucien Andrieux**, directeur de l'École nationale supérieure d'électrochimie et d'électrométallurgie, professeur à la Faculté des sciences de Grenoble, pour ses travaux d'électrométallurgie. *Rapporteur :* M. P. Lebeau.

PRIX PAUL MARGUERITE DE LA CHARLONIE (40.000fr). — Le prix est partagé entre :

— M. **Albert Tian**, professeur honoraire de la Faculté des sciences de Marseille, pour l'ensemble de ses travaux de chimie minérale et de microthermochimie. *Rapporteur :* M. L. Hackspill;

— M. **Max Mousseron**, directeur de l'Institut de chimie de Montpellier, professeur à la Faculté des sciences de Montpellier, pour l'ensemble de ses travaux de chimie organique. *Rapporteur :* M. M. Delépine.

MÉDAILLE BERTHELOT. — La médaille est décernée à M. **Albert Tian**, lauréat du prix Paul Marguerite de la Charlonie.

PRIX ÉMILE JUNGFLEISCH (100.000fr). — Le prix est décerné à M. **Marcel Sommelet**, professeur honoraire à la Faculté de pharmacie de Paris, pour l'ensemble de ses travaux de chimie organique. *Rapporteur :* M. M. Delépine.

MINÉRALOGIE ET GÉOLOGIE.

Commissaires : MM. M. Caullery, Ch. Jacob, Ch. Mauguin, F. Grandjean, Em. de Margerie, P. Jolibois, R. Courrier, A. Michel-Lévy, A. Demolon, P. Fallot.

PRIX JOSEPH LABBÉ (15.000fr). — Le prix est décerné à la **Section d'études des gîtes minéraux du Service géologique du Maroc**, et notamment à M. **Jules Agard**, chef de la Section et MM. **Jean Bouladon**, **Georges Jouravsky**, **Philippe Morin**, **François Permingeat**, membres de cette Section, ainsi qu'au Chanoine **Christophe Gaudefroy**, chargé de mission. *Rapporteur :* M. P. Fallot.

PRIX CARRIÈRE (15.000fr). — Le prix est décerné à M. **Germain Sabatier**, chercheur libre au Laboratoire de minéralogie de la Faculté des sciences de Paris, pour ses travaux sur la chimie physique des silicates. *Rapporteur :* M. Ch. Mauguin.

FONDATION LUCIEN CAYEUX. — Deux prix de 10.000fr sont décernés :

— à Mme **Henri Rech**, née **Marguerite Frollo**, attachée de recherches au Centre national de la recherche scientifique, pour sa collaboration à la publication du troisième et dernier volume de Lucien Cayeux sur les phosphates et pour ses recherches de pétrographie sédimentaire dans les Carpathes orientales, puis dans les Pyrénées et le Bassin d'Aquitaine. *Rapporteur :* M. Ch. Jacob;

— à M. **André Vatan**, chef de laboratoire à l'Institut du pétrole, pour ses études pétrographiques relatives successivement aux alluvions de la Loire, à des formations sédimentaires du Bassin de Paris, du Jura et surtout du Bassin d'Aquitaine. *Rapporteur :* M. A. Michel-Lévy.

BOTANIQUE.

Commissaires : MM. G. Bertrand, L. Blaringhem, A. Chevalier, Em. de Martonne, G. Ramon, R. Souèges, R. Courrier, R. Heim, R. Combes, H. Humbert.

PRIX DESMAZIÈRES (10.000^{fr}). — Le prix est décerné à M. **Pierre Martens**, professeur à l'Université de Louvain, pour l'ensemble de ses études sur la sexualité des champignons supérieurs. *Rapporteur :* M. R. Heim.

PRIX FOULON (15.000^{fr}). — Le prix est décerné à M. **Gilbert Cours**, inspecteur général des Stations agricoles de Madagascar, pour son ouvrage intitulé : *Le manioc à Madagascar*. *Rapporteur :* M. H. Humbert.

ÉCONOMIE RURALE.

Commissaires : MM. Em. Leclainche, G. Bertrand, L. Blaringhem, L. Lapicque, M. Javillier, A. Chevalier, R. Courrier, A. Demolon, A. Mayer, M. Lemoigne.

PRIX FOULON (15.000^{fr}). — Le prix est décerné à M. **Soleyman Deyhimi**, directeur des laboratoires de recherches scientifiques de l'armée iranienne, pour son étude de la morve du cheval, en Iran. *Rapporteur :* M. E. Leclainche.

PRIX Mme ALBERT DEMOLON (20.000^{fr}). — Le prix est décerné à M. **Stéphane Hénin**, directeur de recherches à l'Institut national de la recherche agronomique, pour ses travaux sur les propriétés physiques des sols, leur structure et l'influence de celle-ci sur le développement des végétaux. *Rapporteur :* M. M. Javillier.

ANATOMIE ET ZOOLOGIE.

Commissaires : MM. M. Caullery, Ch. Pérez, P. Portier, É. Roubaud, P. Wintrebert, L. Fage, L. Binet, G. Ramon, R. Courrier, P.-P. Grassé.

PRIX CUVIER (12.000^{fr}). — Le prix est décerné à M. **Maxime Lamotte**, assistant de génétique à la Sorbonne, pour son travail intitulé : *Recherches sur la structure génétique des populations naturelles de* Cepea Nemoralis *L. Rapporteur :* M. M. Caullery.

PRIX SAVIGNY (10.000^{fr}). — Le prix est décerné à M. **Maxime Vachon**, assistant au Muséum national d'histoire naturelle, pour son travail intitulé : *Études sur les scorpions. Rapporteur :* M. L. Fage.

PRIX FOULON (15.000^{fr}). — Le prix est décerné à M. **André Soulairac**, maître de conférences à la Sorbonne, pour l'ensemble de ses travaux de psychophysiologie. *Rapporteur :* M. P.-P. Grassé.

MEDECINE ET CHIRURGIE.

Commissaires : MM. Em. Leclainche, L. Lapicque, P. Portier, E. Sergent, L. Binet, G. Ramon, R. Courrier, Ch. Laubry, R. Leriche, A. Lacassagne, G. Guillain, N....

PRIX MONTYON (25.000fr). — Le prix est décerné à M. **Jean Terracol**, professeur à la Faculté de médecine de Montpellier, pour son ouvrage intitulé : *Les maladies de l'œsophage. Rapporteur :* M. R. Leriche

PRIX BRÉANT. — Un prix de 20.000fr est décerné à M. **Paul Durand**, directeur de l'Institut Pasteur de Tunis, pour ses travaux sur le traitement du paludisme. *Rapporteur :* M. A. Lacassagne.

PRIX DU BARON LARREY (10.000fr). — Le prix est décerné à MM. les Médecins-Colonels **Charles Jaulmes** et **André Jude**, le Médecin-Général **Jean Quérangal des Essarts**, pour leur ouvrage intitulé : *Pratique du laboratoire. Rapporteur :* M. G. Ramon.

PRIX JEAN DAGNAN-BOUVERET (20.000fr). — Le prix est partagé entre :

— M. **Yves Derrien**, professeur à la Faculté mixte de médecine et de pharmacie de Marseille, pour ses travaux de biochimie et de physicochimie des protéines. *Rapporteur :* M. P. Portier;

— Mme **Jean-Marie Mantz**, née **Jeanine Le Coroller**, interne des Hôpitaux, pour ses recherches expérimentales sur la section du nerf optique. *Rapporteur :* M. R. Leriche.

CANCER ET TUBERCULOSE.

Commissaires : MM. M. Caullery, L. Lapicque, J. Jolly, L. Binet, G. Ramon, R. Courrier, Ch. Laubry, A. Lacassagne.

PRIX ROBERGE (12.000fr). — Le prix est décerné à M. **Maurice Bariéty**, professeur à la Faculté de médecine de Paris, pour ses travaux sur la tuberculose pulmonaire. *Rapporteur :* M. L. Binet.

PRIX BARIOT-FAYNOT (10.000fr). — Le prix est décerné à M. **Jacques Delarue**, professeur à la Faculté de médecine de Paris, pour ses travaux relatifs à la tuberculose. *Rapporteur :* M. L. Binet.

FONDATION ROY-VAUCOULOUX (90.000fr). — Un prix est décerné à M. **Jean Verne**, professeur à la Faculté de médecine de Paris, pour ses travaux sur les pigments, la culture des tissus, la cytochimie. *Rapporteur :* M. L. Binet.

PRIX MARIE LÉON-HOURY (10.000fr). — Le prix est décerné à M. **Ng. Ph. Buu Hoï**, directeur du laboratoire de chimie organique de l'Institut du radium, pour ses travaux sur la cancérisation chimique. *Rapporteur :* M. A. Lacassagne.

PHYSIOLOGIE.

Commissaires : MM. M. Caullery, L. Lapicque, P. Portier, J. Jolly, L. Binet, G. Ramon, R. Courrier, P.-P. Grassé.

PRIX MONTYON (10.000fr). — Le prix est décerné à M. **Louis-Paul Dugal**, professeur à la Faculté de médecine de l'Université Laval, à Québec, pour l'ensemble de ses travaux et spécialement pour ses études sur la résistance et l'acclimatation au froid. *Rapporteur :* M. R. Courrier.

PRIX FANNY EMDEN (12.000fr). — Le prix est décerné à M. **Léon Képinoff**, maître de recherches au Centre national de la recherche scientifique, pour ses études des glandes à sécrétion interne, notamment de la thyroïde et de l'hypophyse et de leur rapport avec l'hyperglycémie et le diabète. *Rapporteur :* M. P. Portier.

APPLICATIONS DE LA SCIENCE A L'INDUSTRIE.

Commissaires : MM. L. de Broglie, R. Esnault-Pelterie, É.-G. Barrillon, A. Portevin, A. Pérard, G. Ramon, R. Courrier, P. Chevenard, R. Barthélemy, G. Darrieus, H. Parodi.

PRIX TRÉMONT (10.000fr). — Le prix est décerné à M. **Albert Levasseur**, professeur aux Écoles supérieures d'électricité et de fonderie, pour ses travaux concernant les fours électriques et l'électrochimie. *Rapporteur :* M. A. Portevin.

STATISTIQUE.

Commissaires : MM. É. Borel, L. Blaringhem, Ch. Maurain, H. Villat, L. de Broglie, J. Chazy, P. Montel, A. Denjoy, R. Courrier.

PRIX MONTYON (10.000fr). — Le prix est décerné à M. **Pierre Depoid**, secrétaire général de la Société de statistique de Paris, pour ses travaux de statistique. *Rapporteur :* M. É. Borel.

OUVRAGES DE SCIENCES.

Commissaires: MM. A. Caquot, A. Chevalier, L. de Broglie, R. Courrier, É. Borel, M. Caullery, M. de Broglie.

PRIX HENRI DE PARVILLE (10.000fr). — Le prix est décerné à M. **Evry Schatzmann**, maître de recherches à l'Institut d'astrophysique, pour son livre sur *Les Planètes*. *Rapporteur :* M. E. Borel.

PRIX GÉNÉRAUX.

PRIX FONDÉ PAR L'ÉTAT : **Grand prix des sciences mathématiques** (25.000fr). — Commissaires : MM. Ém. Borel, A. de Gramont, L. de Broglie, G. Julia, J. Chazy, P. Montel, É.-G. Barrillon, A. Pérard.

Le prix est décerné à M. **Paul Dubreil**, professeur à la Faculté des sciences de Paris, pour l'ensemble de ses travaux d'algèbre et d'analyse. *Rapporteur :* M. P. Montel.

PRIX BORDIN (16.000fr). — Commissaires : MM. Ém. Borel, Ch. Maurain, A. de Gramont, H. Villat, L. de Broglie, G. Julia, P. Montel, A. Portevin.

Le prix est décerné à M. **Pierre Nicolau**, ingénieur général de 1re classe de l'armement, pour ses travaux de métrologie. *Rapporteur :* M. A. Pérard.

PRIX GEGNER (13.000fr). — Commissaires : MM. A. Caquot, A. Chevalier, L. de Broglie, R. Courrier, Ém. Borel, G. Bertrand.

Le prix est décerné à M. **Pierre Cüer**, professeur à la Faculté des sciences de Strasbourg, pour ses études des rayons cosmiques. *Rapporteur :* M. L. de Broglie.

PRIX VAILLANT (25.000fr). — Commissaires : MM. M. Caullery, L. Blaringhem, M. Delépine, P. Lebeau, A. Chevalier, L. Binet, A. Portevin, R. Courrier.

Le prix est décerné à M. **Marc Simonet**, directeur des recherches à la station centrale d'amélioration des plantes de l'Institut national de recherches agronomiques de Versailles du Ministère de l'agriculture, pour ses travaux de génétique sur les Iris. *Rapporteur :* M. L. Blaringhem.

PRIX D'AUMALE. — Mêmes Commissaires que pour le prix Gegner.

Deux prix de 20.000fr sont décernés :

— à M. **Georges Nomarski**, attaché de recherches au Centre national de la recherche scientifique, pour ses études d'optique. *Rapporteur :* M. A. de Gramont ;

— à MM. **Robert Warnecke**, directeur du Département électronique du Centre de recherches de la Compagnie générale de télégraphie sans fil, et **Pierre Guénard**, chef de laboratoire au Centre de recherches de la même Compagnie, pour leur ouvrage intitulé : *Les tubes électroniques à commande par modulation de vitesse*. *Rapporteur :* M. L. de Broglie.

PRIX SAINTOUR (10.000fr). — Commissaires : MM. Ém. Borel, Ch. Maurain. A. de Gramont, H. Villat, L. de Broglie, G. Julia, P. Montel, E.-G. Barrillon.

Le prix est décerné à M. **Henri Dessens**, directeur de l'Observatoire du Puy-de-Dôme, pour ses travaux sur les noyaux de condensation. *Rapporteur :* M. Ch. Maurain.

PRIX JULES MAHYER (10.000fr). — Commissaires : MM. M. Caullery, L. Blaringhem, A. Chevalier, L. Fage, L. Binet, A. Portevin, R. Courrier, R. Heim.

Le prix est décerné à M. **Lucien Berland**, sous-directeur de laboratoire au Muséum national d'histoire naturelle, pour l'ensemble de ses travaux d'entomologie. *Rapporteur :* M. L. Fage.

PRIX AIMÉ BERTHÉ (10.000fr). — Commissaires : MM. Ém. Borel, Ch. Maurain, A. de Gramont, H. Villat, L. de Broglie, G. Julia, P. Montel, E.-G. Barrillon.

Le prix est décerné à M. **Robert Fortet**, professeur à la Faculté des sciences de Caen, pour l'ensemble de ses travaux mathématiques. *Rapporteur :* M. Ém. Borel.

PRIX LONCHAMPT (15.000fr). — Commissaires : MM. Em. Leclainche, G. Bertrand, M. Caullery, M. Delépine, M. Javillier, A. Chevalier, L. Binet, R. Courrier.

Le prix est décerné à MM. **Georges Schapira**, agrégé de la Faculté de médecine de Paris, et **Jean-Claude Dreyfus**, chargé de recherches à l'Institut national d'hygiène, pour leurs travaux sur le fer musculaire non héminique et ses deux fractions, et pour l'application de leur dosage au diagnostic. *Rapporteur :* M. M. Javillier.

PRIX CHARLES-LOUIS DE SAULSES DE FREYCINET (35.000fr). — Mêmes Commissaires que pour le prix Gegner.

Le prix est décerné à feu **Làszló J. Havas**, biologiste, pour ses travaux sur la colchicine et l'action de cette substance sur la mitose, et pour ses recherches sur le cancer végétal et les influences exercées sur son développement par diverses substances. *Rapporteur :* M. G. Bertrand.

PRIX Mme VICTOR NOURY (17.000fr). — Mêmes Commissaires que pour le prix Gegner.

Le prix est décerné à M. **Paul Bastien**, professeur à l'École centrale des arts et manufactures, pour l'ensemble de ses travaux de métallographie. *Rapporteur :* M. A. Caquot.

PRIX MILLET-RONSSIN (10.000fr). — Commissaires : MM. R. Courrier, Ch. Jacob, Ch. Mauguin, A. Chevalier, R. Souèges, E. Roubaud, L. Fage.

Le prix est décerné à M. **Maurice Lelubre**, docteur ès sciences, attaché au Service de la carte d'Algérie, pour ses travaux sur les terrains anciens du Massif du Hoggar (Sahara algérien), et sa contribution à l'exploration topographique et géologique du Fezzan (Libye). *Rapporteur :* M. Ch. Jacob.

PRIX DU GÉNÉRAL MUTEAU (25.000fr). — Commissaires : MM. Ém. Borel, L. de Broglie, G. Julia, A. Caquot, G. Durand-Viel, J. Chazy, P. Montel, E.-G. Barrillon.

Le prix est décerné à M. l'Inspecteur général **Louis Hurault**, directeur de l'Institut géographique national, pour l'ensemble de son œuvre optique et géographique. *Rapporteur :* M. G. Durand-Viel.

PRIX LAURA MOUNIER DE SARIDAKIS (20.000fr). — Commissaires : MM. A. Caquot, L. de Broglie, R. Courrier, J. Cabannes, G. Ribaud, G. Bertrand, P. Lebeau, P. Portier, L. Binet.

Le prix est décerné à M. **Charles Sannié**, professeur au Muséum national d'histoire naturelle, pour l'ensemble de ses travaux de chimie orientés principalement vers la chimie médicale et la cancérologie. *Rapporteur :* M. P. Lebeau.

PRIX PAUL GALLET (27.000fr). — Mêmes Commissaires que pour le prix Général Muteau.

Le prix est décerné à M. **Maurice Gevrey**, professeur à la Faculté des sciences de Dijon, pour l'ensemble de son œuvre mathématique. *Rapporteur :* M. Ém. Borel.

PRIX ERNEST DECHELLE (45.000fr). — Commissaires : MM. G. Bertrand, M. Caullery, Ch. Jacob, M. Javillier, A. Portevin, G. Ramon, R. Courrier, R. Heim.

Le prix est décerné à M. **Selmar Aschheim**, directeur de recherches au Centre national de la recherche scientifique, pour ses travaux d'anatomopathologie et d'hormonologie. *Rapporteur :* M. M. Javillier.

PRIX DES GRANDES ÉCOLES ET UNIVERSITÉS.

PRIX LAPLACE et LAMB. — Le prix est décerné à M. **Michel Vaillaud**, né à Paris (XVIe), le 23 décembre 1931, sorti premier de l'École polytechnique.

PRIX L.-E. RIVOT et LAMB. — Le prix est partagé entre les quatre élèves dont les noms suivent, sortis en 1952, avec le no 1 ou 2 de l'École polytechnique, dans les corps des mines et des ponts et chaussées :

— M. **Michel Vaillaud**, entré premier à l'École des mines, reçoit 15.000fr;

— M. **Jean Hardouin**, entré second à l'École des mines, reçoit 10.000fr;

— M. **Georges Pebereau**, entré premier à l'École des ponts et chaussées, reçoit 15.000fr;

— M. **François Ruffier d'Epenoux**, entré second à l'École des ponts et chaussées, reçoit 10.000fr.

FONDATION GIRBAL-BARAL. — Une allocation de 12.000fr est accordée à M. **Jean-Pierre Serre**, docteur ès sciences, pour sa thèse sur l'homologie des espaces fibrés avec applications aux espaces de lacets.

FONDS GÉNÉRAUX DE RECHERCHES SCIENTIFIQUES.

FONDATION LOUTREUIL. — Conseillers : MM. A. Caquot, L. de Broglie, R. Courrier, E. Borel, G. Bertrand, M. de Broglie.

Les subventions suivantes sont accordées :

— 80.000fr à M. **Henri-V. Vallois**, professeur au Muséum national d'histoire naturelle, pour la préparation d'un catalogue des collections du laboratoire d'ethnologie des Hommes actuels et des Hommes fossiles;

— 60.000fr à M. **Marcel Véron**, professeur au Conservatoire national des arts et métiers, pour ses travaux sur la vitesse de propagation de la combustion dans les lits de charbon et sur la convection vive;

— 45.000fr à l'**Institut national agronomique**, pour contribuer à l'achat d'un microscope à contraste de phase;

— 25.000fr à l'**École nationale vétérinaire d'Alfort**, pour sa Bibliothèque;

— 10.000fr à la **Société d'encouragement pour l'industrie nationale**, pour sa Bibliothèque.

Rapporteur : M. R. Courrier.

LECTURE.

M. Robert Courrier, Secrétaire perpétuel, lit une *Notice sur la vie et les travaux de Lucien Cuénot* (1866-1951). Cette notice sera imprimée dans le recueil des *Notices et Discours*, t. III.

L. B., R. C.

BULLETIN BIBLIOGRAPHIQUE.

OUVRAGES REÇUS PENDANT LES SÉANCES DE NOVEMBRE 1952.

Gouvernement général de l'Indochine. Publications de l'agence économique. XII. *Le poivrier et sa culture en Indochine,* par AUGUSTE CHEVALIER. Paris, Agence économique de l'Indochine, 1925; 1 fasc. 24 cm.

Centre de recherches scientifiques et techniques. Archives des recherches agronomiques au Cambodge, au Laos et au Viêtnam. *Étude sur le dépérissement des poivrières en Indochine,* par HUBERT BARAT. Saïgon, 1952; 1 vol. 27,5 cm (présenté par M. A. Chevalier).

Understanding Radio. A guide to practical operation and theory, by HERBERT M. WATSON, HERBERT E. WELCH, GEORGE S. EBY. New York and London, Mc Graw-Hill Book, 1940; 1 vol. 21 cm.

Experiments in Electronics and communication engineering, by E. H. SCHULZ, L. T. ANDERSON. New York and London, Harper and Brothers, 1943; 1 vol. 24 cm.

Shop theory. Revised edition, prepared by THE SHOP THEORY DEPARTMENT, HENRY FORD trade School. New York and London, 1934, 1941, 1942 ; 1 vol. 28 cm.

The mye technical manual, published by P. R. MALLORY. Indianapolis, 1942; 1 vol. 28,5 cm.

Watches adjustement and Repair. A practical Handbook on modern Watches, by F. J. CAMM. New York, Chemical publishing; 1 vol. s. d., 19 cm.

A texbook of office management, by WILLIAM HENRY LEFFINGWELL. First edition, sixth impression. New York and London, Mc Graw-Hill book Company, 1932 ; 1 vol. 23,5 cm.

Radio Physics course an elementary text book on electricity and radio, by ALFRED A. GHIRARDI. Second edition. Ninth impression, New York, Radio and Technical publishing Co, 1933; 1 vol. 23,5 cm.

Personal administration its principles and practice, by ORDWAY TEAD, HENRY C. METCALF. New York and London, Mc Graw-Hill book Company, 1933; 1 vol. 23,5 cm.

The cathode ray tube at Work, by JOHN F. RIDER. New York, John F. Rider, 1935; 1 vol. 22 cm.

Practical Radio communication. Principles. Systems. Equipment. Operation, including short — wave and ultra-short — wave Radio, by ARTHUR R. NILSON, J. L. HORNUNG. First edition. Thirteenth impression. New York and London, Mc Graw-Hill book Company, 1935 ; 1 vol. 23 cm.

ABC'S of Diesel engines, prepared by THE EDITORIAL STAFF OF POPULAR SCIENCE MONTHLY. New York, Grasset and Dunlop, 1936; 1 vol. 21 cm.

Industrial electricity and wiring, by JAMES A. MOYER, JOHN F. WOSTREL. Second edition. Fourth impression. New York and London, Mc Graw-Hill book Company, 1937; 1 vol. 21 cm.

A short course in trigonometry, by James G. Hardy. Revised edition. New York, The Macmillan Company, 1938; 1 vol. 22 cm.

The Watch and Clock makers handbook : Dictionary and guide, by F. J. Britten. Fourteenth edition revised by J. W. Player. Brooklyn, N. Y., Chemical publishing Company, 1938; 1 vol. 22 cm.

Principles and practice of Radio servicing, by H. J. Hicks. First edition. Sixth impression. New York and London, Mc Graw-Hill book Company, 1939; 1 vol. 23,5 cm.

Mathematics for electricians, by Martin H. Kuehn. Second édition. Sixth impression. New York and London, Mc Graw-Hill book Company, 1930, 1941; 1 vol. 21 cm.

Principles of electrical engineering series. Applied electronics a first course in electronics, electron tubes, and Associated circuits, by members of the Staff of the *Department of electrical engineering*. New York, John Wiley and Sons. London, Chapman and Hall, 1943; 1 vol. 23,5 cm,

Les mouvements vibratoires, par Jules Haag. T. I, in Collection *Euclide*. Paris, Presses universitaires de France, 1952; 1 vol. 19,5 cm.

Navigation aérienne astronomique, par Max Dévé et Raymomd Faure. Paris, Gauthier-Villars, 1952 ; 1 vol. 25 cm.

Union géodésique et géophysique internationale. Association de météorologie. Réunion de Bruxelles, août 1951. *Rapports nationaux*. Bruxelles, 1952; 1 fasc. 25 cm.

Histoire géologique de la biosphère. La vie et les sédiments dans les géographies successives, par Henri Termier et Geneviève Termier. Paris, Masson et Cie, 1952; 1 vol. 26 cm (présenté par M. Pierre-P. Grassé).

Smithsonian Miscellaneous collections. Vol. 118. Research Corporation Fund. *Smithsonian Logarithmic Tables. To base e and base* 10, by George Wellington Spenceley, Rheba Murray Spenceley, Eugene Rhodes Epperson. Publication 4054. Washington, Smithsonian Institution, 1952; 1 vol. 23,5 cm.

Lipman Hall being an Account of the Proceedings at the Dedication on June 12th 1951, *of a Building named in honor of Jacob Goodale Lipman*. Copyright 1952, by the Trustees of Rutgers College in New Jersey All Rights Reserved. Binghampton, N. Y., The Vail-Ballou Press. 1952; 1 vol. 23,5 cm.

An international bibliography on Atomic energy. Vol. 2. *Scientific aspects*. Supplement n° 1. New York, Atomic energy section Department of security Council Affairs, 1952; 1 vol. 28 cm.

(*A suivre.*)



ACADÉMIE DES SCIENCES.

SÉANCE DU LUNDI 22 DÉCEMBRE 1952.

PRÉSIDENCE DE M. ALBERT CAQUOT.

MÉMOIRES ET COMMUNICATIONS
DES MEMBRES ET DES CORRESPONDANTS DE L'ACADÉMIE.

ANALYSE MATHÉMATIQUE. — *Sur deux familles de fonctions analogues à la famille des fonctions analytiques.* Note de M. **MAURICE FRÉCHET**.

Des recherches récentes ont montré qu'on pouvait former des familles intéressantes de fonctions *comprenant* comme cas particulier la famille des fonctions analytiques, tout en conservant plusieurs des propriétés de ces fonctions analytiques.

Certaines considérations générales (trop longues à développer ici ; mais que nous exposerons ailleurs) m'ont amené, *en particulier*, à une constatation voisine mais cependant *distincte*. Elles m'ont, en effet, permis de former deux familles P et D de fonctions dont aucune ne comprend la famille A des fonctions analytiques mais qui ont en commun avec A plusieurs propriétés importantes.

Par exemple, on constate dans P et D comme dans A l'*invariance* dans l'*addition, la multiplication* et aussi dans la *composition* (par fonction de fonction).

La définition des fonctions analytiques suppose essentiellement une certaine règle de multiplication du nombre complexe qu'on désigne par i

$$1 \times i = i \times 1 = i, \qquad i^2 = -1.$$

Les deux familles D et P supposent l'utilisation de nombres complexes j et k respectivement, *pour lesquels les règles correspondantes de multiplication sont différentes* de la précédente. On pose d'une part

$$1 \times j = j \times 1 = j; \qquad j \times j = 0.$$

d'autre part

$$1 \times k = k \times 1 = 0; \qquad k \times k = k$$

Dans le premier cas, on pourra représenter le couple (x, y) par le nombre « para-complexe » $u = x + jy$ (en relation avec les nombres de Study); et une

fonction de u par

$$U(u) = X(x, y) + jY(x, y).$$

Dans le second cas, on aura la variable

$$v = x + ky,$$

et la fonction

$$V(v) = X(x, y) + kY(x, y).$$

Définitions. — 1° On aura une fonction $U(u)$ « para-analytique » *de la famille* D quand $U(u)$ peut s'écrire sous la forme

$$U(x+jy) = U(u) = A(x) + j[yA'(x) + B'(x)],$$

où

$$A'(x) = \frac{dA(x)}{dx}, \qquad B'(x) = \frac{dB(x)}{dx}$$

sont deux dérivées elles-mêmes dérivables avec des dérivées premières continues dans le domaine de définition de $U(u)$.

2° Une fonction « para-analytique » *de la famille* P est de la forme

$$V(x+ky) = V(v) = P(x) + kQ(y),$$

où $P(x)$, $Q(y)$ ont des dérivées premières continues dans le domaine de définition de $V(v)$.

Ces définitions suffisent à assurer les trois invariances par addition, par multiplication et par substitution.

Si l'on suppose en outre, que $A(x)$, $B(x)$, $P(x)$, $Q(y)$ sont des fonctions *dérivables indéfiniment* dans le domaine de définition de la fonction para-analytique considérée, alors il y aura encore *invariance* de chacune des familles P et D *dans l'opération de dérivation.*

Sous cette hypothèse plus stricte, on a, en effet,

$$U'(u) = \frac{dU}{du} = \frac{dA + j\,d[yA' + B']}{dx + j\,dy} = A'_x + j[yA''_x + B''_x]$$

qui est aussi une fonction de la famille D.

Et de même :

$$V'(v) = \frac{dV}{dv} = \frac{dP(x) + k\,dQ(y)}{dx + k\,dy} = P'(x) + kQ'(y),$$

donc $V'(v)$ appartient aussi à la famille P.

Remarque. — On pourrait encore signaler bien d'autres analogies des familles A, D. P.

Par exemple X et Y vérifient un système de deux équations aux dérivées partielles du premier ordre, linéaires, homogènes et à coefficients constants. On a en effet :

dans la famille A (comme on sait) :

$$\frac{\partial X}{\partial x} - \frac{\partial Y}{\partial y} = 0, \qquad \frac{\partial X}{\partial y} + \frac{\partial Y}{\partial x} = 0;$$

dans la famille D :

$$\frac{\partial X}{\partial x} - \frac{\partial Y}{\partial y} = 0, \qquad \frac{\partial X}{\partial y} = 0;$$

dans la famille P :

$$\frac{\partial Y}{\partial x} = 0, \qquad \frac{\partial X}{\partial y} = 0.$$

Il en résulte que dans chacune des familles A, D, P, les fonctions X et Y vérifient une *même* équation aux dérivées partielles du second ordre, linéaire, homogène et à coefficients constants, savoir :

pour la famille A (comme on sait) :

$$\frac{\partial^2 W}{\partial x^2} + \frac{\partial^2 W}{\partial y^2} = 0;$$

pour la famille D :

$$\frac{\partial^2 W}{\partial y^2} = 0;$$

pour la famille P :

$$\frac{\partial^2 W}{\partial x \partial y} = 0.$$

M. **Louis de Broglie** dépose sur le Bureau de l'Académie l'*Annuaire pour l'an* 1953, publié par le Bureau des Longitudes.

M. **André Mayer** fait hommage à l'Académie d'un Ouvrage intitulé : *Un pionnier de la Physiologie. Léon Fredericq*, volume publié à l'occasion du Centenaire de la naissance de ce Savant qui fut Correspondant pour la Section de médecine et chirurgie.

M. **Gottlieb Fluckiger** adresse un Mémoire qu'il vient de publier dans *La Pathologie générale, Revue de pathologie comparée et d'hygiène*, intitulé : *L'épizootie de fièvre aphteuse de* 1951-1952 *et les moyens utilisés pour la combattre dans les différents pays de l'Europe occidentale*.

M. **Marcel Dehalu** adresse une Notice intitulée : *Augustin Delporte*.

Les Ouvrages suivants sont présentés :

par M. **Gustave Ribaud** : Mémorial des Sciences physiques, fasc. LIV : *Propriétés optiques des lames minces solides*, par M. Pierre Rouard. Fasc. LV : *Applications optiques des lames minces solides*, par le même;

par M. **Gottlieb Fluckiger** : *L'élimination des animaux tuberculeux et la lutte contre la tuberculose bovine sous le régime des arrêtés du Conseil fédéral.* Thèse inaugurale présentée à la Faculté de médecine vétérinaire de Berne, par M. Pierre-Henri Willi.

DÉSIGNATIONS.

M. **Robert Courrier** est désigné pour représenter l'Académie dans le Conseil scientifique de l'**Association Claude-Bernard**, en voie de création, pour le développement des recherches biologiques et médicales dans les établissements hospitaliers de l'Assistance publique.

CORRESPONDANCE.

M. le **Ministre de l'Éducation Nationale** invite l'Académie à lui présenter une liste de deux candidats au poste d'Astronome titulaire à l'Observatoire de Paris, vacant par le décès de M. *Bernard Lyot.*

Le Comité d'Organisation du **Huitième Congrès international du Pacifique** invite l'Académie à se faire représenter à ce Congrès qui aura lieu à l'Université des Philippines, Quezon City, du 16 au 28 novembre 1953.

L'Académie est informée des Cérémonies qui auront lieu à Madrid, du 15 au 21 avril 1953, à l'occasion du Cinquantième anniversaire de la fondation de la **Real Sociedad espanola de Fisica y Quimica**.

Le Secrétaire général de l'**Académie Royale Néerlandaise des sciences et des lettres** communique la résolution adoptée, le 30 août 1952, à Utrecht, par l'**Institut international d'Embryologie**, dans le but d'attirer l'attention des autorités responsables de l'enseignement et de la recherche médicale sur l'importance des notions relatives au développement embryonnaire.

M. **Jean Verne** prie l'Académie de bien vouloir le compter au nombre des candidats à la place vacante, dans la Section d'anatomie et zoologie, par le décès de M. *Charles Pérez*.

Mme Vve **Lásló J. Havas**, adresse des remercîments pour la distinction accordée à son mari, Mme **Jean-Marie Mantz**, MM. **Jules Agard**,

Jean-Lucien Andrieux, Maurice Bariéty, Paul Bastien, David Belorisky, Jean Bouladon, Marcel Brelot, André Couder, Pierre Cüer, Jacques Delarue, Pierre Depoid, Henri Dessens, Paul Dubreil, Louis-Paul Dugal, Paul Durand, Robert Fortet, Maurice Gevrey, Robert Gibrat, Jean Hardouin, Stéphane Hénin, Ng. Ph. Buu Hoï, Louis Hurault, Charles Jaulmes, Georges Jouravsky, André Jude, Maurice Lelubre, Albert Levasseur, Jean Mandel, Pierre Martens, Max Mousseron, Pierre Nicolau, François Perminceat, Jean Quérangal des Essarts, Marc Raucourt, François Ruffier d'Epinoux, Germain Sabatier, Charles Sannié, Ermenegildo Santoni, Evry Schatzman, le Chef de la **Section d'études des gîtes minéraux du Maroc, Jean-Claude Simon, Marc Simonet, André Soulairac, Jean Stolz, Jean Terracol, Albert Tian, Max Vachon, Michel Vaillaud, Jacques Valensi, André Vatan, Robert Warnecke** adressent des remercîments pour les distinctions accordées à leurs travaux.

MM. **Jean-Pierre Serre, Henri Vallois**, le Directeur de l'**École nationale vétérinaire d'Alfort**, le Directeur de l'**Institut national agronomique**, le Président de la **Société d'encouragement pour l'industrie nationale** adressent des remercîments pour les subventions ou allocations qui leur ont été accordées pour leurs recherches ou leurs Bibliothèques.

M. le **Secrétaire perpétuel** signale parmi les pièces imprimées de la Correspondance :

1° *Études des gîtes minéraux de la France. Bassin houiller de la Sarre et de la Lorraine*. I. *Flore fossile*. 4e fascicule. *Pécoptéridées*, par Paul Corsin. Texte et Planches.

2° *Proceedings of the Seventh Pacific Science Congress of the Pacific Science Association*, held at Auckland and Christchurch, New Zealand, 2nd February to 4th March 1949. Vol. III. *Meteorology and Oceanography*.

3° *Le Film de recherche*. Bulletin du Comité permanent du Film de Recherche de l'Association internationale du Cinéma scientifique, n° 1.

ALGÈBRE. — *Logarithmétiques réductibles de quasi-groupes.* Note de Mlle **Hélène Popova**, présentée par M. Paul Montel.

Par analogie avec la représentation matricielle des groupes finis, nous proposons une représentation vectorielle des logarithmétiques de quasi-groupes finis, considérés comme des quasi-groupes additifs finis. Rappelons quelques définitions.

L'*ordre* d'un élément d'un quasi-groupe fini est l'ordre du quasi-groupe

engendré par cet élément. Le quasi-groupe est *uni* s'il est simple et n'a pas de sous-quasi-groupes autres que lui-même. Ainsi, chaque élément d'un quasi-groupe uni est générateur du quasi-groupe. La *logarithmétique* L_Q d'un quasi-groupe fini $Q=(1, 2, \ldots, n)$ est un ensemble de vecteurs $\{1^x, 2^x, \ldots, n^x\}$ où x désigne n'importe quelle puissance non associative et où les opérations d'addition et de multiplication sont définies par

$$(1) \qquad \alpha+\beta=\{a_1 b_1, \ldots, a_n b_n\}, \qquad \alpha\beta=\{a_1^\beta, \ldots, a_n^\beta\}, \qquad \beta\alpha=\{b_1^\alpha, \ldots, b_n^\alpha\},$$

où

$$\alpha=\{1^\alpha, 2^\alpha, \ldots, n^\alpha\}=\{a_1, \ldots, a_n\}, \qquad \beta=\{1^\beta, 2^\beta, \ldots, n^\beta\}=\{b_1, \ldots, b_n\},$$

Les éléments de L_Q sont appelés *quasi-nombres*. Par rapport à l'addition, L_Q est un quasi-groupe et l'ordre N de la logarithmétique d'un quasi-groupe uni Q est une puissance de l'ordre n de Q : $N=n^m$. Il est évident que m, dans cette égalité, ne peut être plus grand que n. L'ensemble de tous les sous-vecteurs $\{1^x, \ldots, l^x\}$ de L_Q où x désigne n'importe quelle puissance non associative, forme, par rapport à l'addition, un quasi-groupe *engendré* par $\{1, 2, \ldots, l\}$. Quand Q est uni d'ordre n, l'ordre de ce quasi-groupe est une puissance de n : $N'=n^p$, $p \leq m$. Le sous-vecteur $\{1, \ldots, r\}$ d'un vecteur $\{1, 2, \ldots, n\}$ de L_Q est un vecteur *dérivé* de Q s'il engendre un quasi-groupe d'ordre n. La *portée* de Q est le nombre maximum d'éléments distincts dans un vecteur dérivé de Q.

Nous dirons que la logarithmétique de Q est *réductible* si elle possède des sous-vecteurs $\{j, \ldots, k\}$, engendrant un quasi-groupe d'ordre plus petit que $n_j, \ldots, n_k$ où n_i désigne l'ordre de l'élément i. Si Q est uni, la définition précédente devient plus simple : la logarithmétique est réductible, si le vecteur $\{1, 2, \ldots, n\}$ contient un sous-vecteur de rang s, engendrant un quasi-groupe d'ordre n^p, $p < s$.

Si L_Q ne possède pas de tels vecteurs, nous l'appellerons *irréductible*.

Théorème 1. — *L'ordre* N *d'une logarithmétique irréductible d'un quasi-groupe fini est égal au produit des ordres* n_i *de ses éléments :* $N=n_1 n_2 \ldots n_n$.

Corollaire. — *L'ordre* N *de la logarithmétique irréductible d'un quasi-groupe uni d'ordre* n *est* n^n.

Théorème 2. — *La logarithmétique d'un quasi-groupe uni est irréductible si, et seulement si, pour chaque* k, $(1 < k < n)$, *elle contient un sous-vecteur* $\{a_1, \ldots, a_k\}$ *dont les éléments* $a_1, \ldots, a_k$ *contiennent précisément* $(k-1)$ *éléments distincts de* Q.

Le théorème est vrai quand Q a des vecteurs dérivés [1]. Quand il n'en a pas, on peut prouver le théorème par induction de la manière suivante.

Supposons que Q n'ait pas de vecteurs dérivés et que le sous-vecteur $\{1, 2, 3\}$ de $\{1, 2, \ldots, n\}$ engendre un quasi-groupe L′ d'ordre n^2. Nous

---

(1) *Comptes rendus*, 235, 1952, p. 1360.

pouvons montrer que L′ ne contient pas de vecteurs de la forme $\{a, b, a\}$, $a \neq b$. En effet, si un vecteur $\{a, b, a\}$, $a \neq b$, se trouve dans L′, il a la forme $\{a, b, a\} = \{1^Y, 2^Y, 3^Y\}$. Le quasi-groupe L'_1 engendré par $\{a, b, a\}$ se compose alors de tous les vecteurs $\{1^{Y_x}, 2^{Y_x}, 3^{Y_x}\}$, et par suite, $L'_1 \subset L'$. D'autre part, puisque Q est uni, l'ordre (²) de L′ est une puissance de n, égale, en fait, à n^2, puisque : 1° Q n'a pas de vecteurs dérivés et 2° L'_1 est une partie de L′. Ainsi $L'_1 = L'$. Puisqu'il en est ainsi, il doit exister une puissance non associative Z, telle que $\{a^Z, b^Z, a^Z\} = \{1, 2, 3\}$, $1 = 3$, ce qui est contradictoire. Donc, si $\{a, b, a\}$, $a \neq b$, est dans L′, $\{1, 2, 3\}$ engendre un quasi-groupe d'ordre n^3, etc.

Quand Q est de portée $r > 1$, chacun de ses vecteurs dérivés $\{1, \ldots, r\}$ engendre un quasi-groupe $Q'_n \cong Q$, qui se compose de vecteurs (¹)

$$\{1, \ldots\}, \quad \{2, \ldots\}, \quad \{3, \ldots\}, \quad \ldots, \quad \{n, \ldots\}. \tag{2}$$

Le vecteur $\{1, 2, \ldots, n\}$ peut alors être scindé en n/r vecteurs séparés

$$\{1, \ldots, r\}, \quad \{r+1, \ldots, 2r\}, \quad \ldots, \quad \{n-r, \ldots, n\}$$

et chacun d'eux engendre Q'_n. Il s'ensuit que la représentation vectorielle de L peut être simplifiée, en remplaçant chacun des vecteurs (2) par $1, 2, \ldots, n$ respectivement. Ainsi, la logarithmétique de Q peut être représentée par un ensemble de vecteurs $\{1^x, (r+1)^x, \ldots, (n-r)^x\}$ où x désigne n'importe quelle puissance non-associative. Puisque r est le nombre maximum d'éléments distincts formant un vecteur dérivé de Q, cette nouvelle représentation de L_Q ne possède pas de vecteurs dérivés.

THÉORÈME 3. — *Si la représentation de L_Q par les vecteurs dérivés est irréductible, l'ordre de L_Q désigne $n^{n/r}$ où r désigne la portée, et n, l'ordre de Q.*

Supposons maintenant la portée de Q égale à 1, et de plus que chaque sous-vecteur d'un quasi-nombre de L_Q, formé de s éléments distincts de Q, engendre un quasi-groupe d'ordre n^s. Soit k, le nombre maximum d'éléments distincts de Q qui peuvent encore engendrer un quasi-groupe L′ d'ordre n^s. Dans ces conditions, on a les trois théorèmes suivants.

THÉORÈME 4. — *Si un vecteur $\{1, 2, \ldots, s, a_1, \ldots, a_{k-s}\}$ appartient à L′, les $(k-s)$ vecteurs $\{1, 2, \ldots, s, P_i(a_1, \ldots, a_{k-s})\}$ appartiennent tous à L′. (P_i désigne les $(k-s)$ permutations circulaires distinctes de $a_1, \ldots, a_{k-s}$).*

THÉORÈME 5. — *Si deux vecteurs de L′ ont s éléments en commun, ils ont tous leurs éléments en commun.*

THÉORÈME 6. — *L'ordre du quasi-groupe Q est de la forme*

$$n = (s-1) + [k-(s-1)]\,q$$

où q désigne un nombre entier inférieur ou égal à $[n-(s-1)]/[k-(s-1)]$.

(²) *Comptes rendus*, 234, 1952, p. 1935.

THÉORIE DES NOMBRES. — *Sur un problème de M. Siegel relatif à un ensemble fermé d'entiers algébriques.* Note de MM. **Jacques Dufresnoy** et **Charles Pisot**, présentée par M. Paul Montel.

Soit $\theta > 1$ un entier algébrique réel, dont tous les conjugués autres que θ ont leurs modules strictement inférieurs à 1. Nous désignerons le polynome irréductible ayant θ pour zéro par

$$P(z) \equiv p_0 + p_1 z + \ldots + p_{s-1} z^{s-1} + \varepsilon z^s, \qquad \text{où} \quad \varepsilon = \pm 1,\ p_0 \geq 1.$$

Soit

$$Q(z) \equiv \varepsilon z^s P\left(\frac{1}{z}\right) \equiv 1 + q_1 z + \ldots + q_{s-1} z^{s-1} + q_s z^s.$$

Par l'étude de la fraction rationnelle $P(z)/Q(z)$, M. Salem ([1]) a montré que l'ensemble S de tous les nombres θ est fermé et que le nombre 1 n'appartient pas à son ensemble dérivé S'. M. Siegel ([2]) a établi ensuite que dans l'intervalle $1 < \theta \leq \sqrt{2}$ il n'y avait que deux nombres θ, à savoir θ_1 racine de $z^3 - z - 1 = 0$ et θ_2 racine de $z^4 - z^3 - 1 = 0$. Il a signalé l'intérêt qui s'attacherait à la détermination du plus petit élément de l'ensemble S' et il a indiqué qu'il n'avait pas pu décider si ce plus petit élément était $\theta_0 = (1 + \sqrt{5})/2$.

Nous avons démontré que θ_0 est effectivement le plus petit élément de S'. La démonstration, trop longue pour être exposée dans une Note, repose essentiellement sur deux lemmes.

1° Si une suite de nombres θ_n de S tend vers un nombre limite θ, les fractions rationnelles correspondantes $P_n(z)/Q_n(z)$ constituent, dans $|z| < 1$, une famille normale de fonctions méromorphes; on peut en extraire une suite convergente tendant, pour $|z| < 1$, vers une fraction rationnelle présentant $1/\theta$ pour pôle et dont le module est inférieur ou égal à 1 sur $|z| = 1$, l'égalité n'étant satisfaite que pour un nombre fini de valeurs de z. On en déduit que *la condition nécessaire et suffisante pour que θ appartienne à S' est qu'il existe au moins un polynome $A(z)$ à coefficients entiers tel que $|A(z)| \leq |Q(z)|$ sur $|z| = 1$, l'égalité n'étant satisfaite que pour un nombre fini de valeurs de z.*

2° A partir du lemme de Schwarz, on établit facilement une proposition, fondamentale pour notre étude : *Soit $C(z) \equiv c_0 + c_1 z + \ldots + c_k z^k$ un polynome à coefficients entiers tel que $c_0 \geq 1$ et que $|C(z)| \leq |Q(z)|$ sur $|z| = 1$; si $\theta < 2$, on a $c_0 = 1$; si $\theta < \theta_0$, on a de plus $c_1 = q_1 + 1$ à moins que l'on n'ait $C(z) \equiv Q(z)$.*

Voici alors un rapide aperçu de la suite de la démonstration. Si θ appartient à S' et si $\theta < \theta_0$, il existe un polynome $A(z) \equiv a_0 + a_1 z + \ldots + a_h z^h$, à coefficients entiers, avec $a_0 \geq 1$, vérifiant les conditions de notre premier lemme;

(1) *Duke Math. J.*, 11, 1944, p. 103-108.
(2) *Duke Math. J.*, 11, 1944, p. 597-602.

il en sera de même du polynome $B(z) \equiv \pm z^h A(1/z) \equiv b_0 + b_1 z + \ldots + b_h z^h$, où $b_0 \geq 1$. Le second lemme montre alors que

$$a_0 = b_0 = p_0 = 1, \qquad a_1 = b_1 = p_1 = q_1 + 1.$$

Cela conduit à poser

$$\text{(I)} \qquad A(z) - Q(z) \equiv z U(z) \quad \text{et} \quad B(z) - Q(z) \equiv z V(z).$$

On remarque que $U(0) = V(0) = 1$. Le théorème de Rouché permet alors de montrer que $U(z)$ et $V(z)$ ont tous leurs zéros sur le cercle unité. En changeant z en $1/z$ dans les deux relations (I), on obtient deux autres relations entre A, B, P, U et V. On a donc en tout un système de quatre relations entre A, B, P, Q, U et V. Si $h \neq s$, la compatibilité de ces quatre relations exige $U \equiv V$, d'où $A \equiv B$; on peut alors exprimer simplement A en fonction de P et de Q; la condition $|A| \leq |Q| = |P|$ sur $|z| = 1$ montre qu'on a nécessairement $h \leq 0$; une étude détaillée de ces cas restants conduit à une contradiction. Si $h = s$, un raisonnement plus compliqué permet d'établir qu'on a nécessairement $U \equiv V \equiv 1$, ce qui conduit encore à une impossibilité.

Remarque. — Signalons encore les propriétés suivantes de l'ensemble dérivé S' :

1° Tout nombre θ totalement réel appartient à S'; on le démontre en prenant pour polynome A la constante 1.

2° Tout nombre θ^n, avec n entier au moins égal à 2, appartient à S'; on le démontre en prenant, pour $n = 2$ par exemple,

$$A \equiv \frac{1}{2}[P(\sqrt{z})Q(-\sqrt{z}) + Q(\sqrt{z})P(-\sqrt{z})].$$

THÉORIE DES FONCTIONS. — *Un théorème de représentation conforme.*

Note de M. **Heinz Renggli**, présentée par M. Paul Montel.

Dans la représentation conforme d'un domaine sur un autre le module du rectangle de préférence n'atteint son maximum que pour un domaine normal (théor. 2) qui sera défini à l'aide de la longueur extrémale. Si les deux domaines sont normaux, ils sont identiques. Dans la démonstration, on fait appel à un théorème d'unicité relatif aux métriques définissant la longueur extrémale (théor. 1).

1. Soient Ω, un domaine [α.] dans le plan E de la variable complexe z et $\{\gamma\}$ une famille de courbes γ[γ est définie par $z_\gamma(t)$, continue pour $0 < t < 1$] dans Ω. Si $\rho(z) \geq 0$ définit une métrique conforme telle que

$$0 < \mathcal{F}(\rho) = \iint_\Omega \rho^2 \, dE < \infty \qquad \text{et} \qquad L(\rho) = \inf_\gamma \int_\gamma \rho \, |dz| \leq \infty,$$

l'invariant conforme $\lambda(\gamma) = \sup_\rho [L^2(\rho)/\mathcal{F}(\rho)] \leq \infty$ s'appelle longueur extrémale [1] [l. e.] de $\{\gamma\}$.

---

(1) L. Ahlfors et A. Beurling, *Acta Math.*, 83, 1950, p. 101, *voir* p. 114 et 115.

On peut poser $F(\rho) = 1$, d'où résulte $\sup\limits_{\rho} L^2(\rho) = \lambda(\gamma)$.

$P_1(z)$ et $P_2(z)$ sont des métriques extrémales [m. e.], si

$$\frac{L^2(P_i)}{F(P_i)} = \lambda(\gamma) < \infty \quad \text{pour} \quad i = 1, 2.$$

THÉORÈME 1. — *S'il existe une m. e., il n'en existe qu'une partout déterminée à un facteur constant près sauf éventuellement sur un ensemble de mesure nulle.*

Démonstration. — Si $\rho_i^*(z) = k_i P_i(z)$ $(i = 1, 2)$ sont des métriques telles que $F(\rho_i^*) = 1$, on obtient, pour $\rho^* = \rho_1^* + \rho_2^*$,

$$L(\rho^*) \geqq \sum_{i=1}^{2} \left[\inf_{\gamma} \int_{\gamma} \rho_i^* \, |dz| \right] = 2\lambda^{\frac{1}{2}}(\gamma)$$

et

$$F(\rho^*) = 2\left[1 + \iint_{\Omega} \rho_1^* \rho_2^* \, dE \right].$$

L'inégalité de Schwarz donne

$$\iint_{\Omega} \rho_1^* \rho_2^* \, dE \leqq 1 \qquad \text{et par suite} \quad \frac{L^2(\rho^*)}{F(\rho^*)} \geqq \lambda(\gamma).$$

Du fait que seules les égalités sont possibles, découle la propriété énoncée.

2. Soit R le rectangle $\{0 < x < a,\ 0 < y < b\}$ $(z = x + iy)$. Soient D un domaine de R et $\{\gamma_D\}$ la famille de courbes situées dans D qui relient $y = 0$ à $y = b$, c'est-à-dire telles que $J z_{\gamma_D}(t) \to 0$ pour $t \to 0$ et $J z_{\gamma_D}(t) \to b$ pour $t \to 1$. Si $\{\gamma_D\}$ n'est pas vide, on a $\lambda(\gamma_D) \geqq b/a$, car $\{\gamma_D\} \leqq \{\gamma_R\}$ et $\lambda(\gamma_R) = b/a$ [1]. Dans le cas de l'égalité, nous dirons que D est normal par rapport à R et nous le désignerons par N. On montre que la frontière de N est de mesure nulle. Pour tout point $p \in N$ et tout voisinage $V_{\varepsilon/2}(p) \subset N$, il existe une courbe γ_N telle que γ_N traverse $V_{\varepsilon/2}(p)$ et que $\int_{\gamma_N} |dz| < b + \varepsilon$. En outre, $\rho(z) = \text{const.}$ est la m. e. Si l'on représente R conformément sur une couronne circulaire, on obtient, par identification appropriée des bords, des domaines normaux [d. n.] à fentes radiales ou circulaires. Par passage à la limite on définit des d. n. dans le cercle et dans le plan [2].

Soit $w(z)$ une application conforme de $N \subset R$ dans la bande $0 < Rw < a$ telle que

$$\sup_{\gamma_N} \left[\overline{\lim_{t \to 0}}\, J w\big(z_{\gamma_N}(t)\big) \right] = 0 < B = \inf_{\gamma_N} \left[\underline{\lim_{t \to 1}}\, J w\big(z_{\gamma_N}(t)\big) \right].$$

THÉORÈME 2. — *Pour tout $w(z)$, on a $B \leqq b$ et l'égalité n'a lieu que pour $w = z$.*

([2]) *Cf.* L. AHLFORS et A. BEURLING, *loc. cit.*, *voir* p. 118-120; H. GRÖTZSCH, *Ber. Leipzig*, 83, 1931, p. 185; P. KOEBE, *Gött. Nachr.*, 1918, p. 60.

En effet, l'inégalité découle des propriétés de la l. e. ([1]). L'égalité montre que la partie de $\{\gamma_N\}$ située dans le rectangle $\{0 < \mathrm{R}w < a,\ 0 < \mathrm{J}w < b\}$ est normale. En se référant à la définition de la l. e. et au théorème 1, on obtient le résultat que la m. e. $\rho(z) = \text{const.}$ correspond à la m. e. $\rho(w) = \text{const.}$ dans l'application inverse $w^{-1}(z)$. Puisque $ds = \rho\,|dz|$ est une différentielle invariante ([1]), on a presque partout $|dw/dz| = \text{const.}$ Dans notre cas enfin, l'application linéaire se réduit à l'identité. Par représentation conforme et passage à la limite, on peut étendre le théorème 2 au cas des d. n. dans une couronne circulaire, dans un cercle et dans le plan ([3]).

THÉORIE DES FONCTIONS. — *Lignes de Green et problème de Dirichlet.*
Note de M. **Marcel Brelot**, présentée par M. Arnaud Denjoy.

L'auteur poursuit l'étude des lignes de Green dans les espaces de Green et l'utilisation de la notion de radiale introduite dans une Note précédente. En particulier, dans le cas de deux dimensions, il existe une fonction harmonique de radiale donnée (et une seule sous une condition d'« indifférence »).

1. Reprenons les espaces $\mathcal{E}$ ([1]) (comprenant en particulier les surfaces de Riemann classiques et les espaces localement euclidiens) qui, s'ils admettent une fonction de Green G_P deviennent des « espaces de Green ». On y a étudié et utilisé les lignes de Green (trajectoires orthogonales des lieux Σ_P^λ définis par $G_P = \lambda > 0$), et dans une Note récente ([2]) à laquelle il est renvoyé, on a prolongé les applications de ces lignes, grâce à la notion de radiale, ce que nous allons poursuivre ici.

2. On se placera dans un espace de Green Ω (pourvu d'un point d'Alexandroff $\mathcal{A}$ qui donne un compact Ω'). Une fonction u harmonique sera dite *indifférente* si dans tout domaine $D_P^\lambda (G_P > \lambda)$, elle vaut $H_u^{D_P^\lambda}$ (solution supposée existante du problème de Dirichlet dans $D_P^\lambda \subset \Omega'$, la donnée frontière étant quelconque en $\mathcal{A}$). Il suffit que cela ait lieu pour un P. u sera *fortement indifférente* si elle est comprise entre deux fonctions indifférentes $\geqq 0$ et $\leqq 0$, c'est-à-dire égale à la différence de deux fonctions indifférentes $\geqq 0$.

u sousharmonique sera dite *mineure* si elle est majorée par une fonction harmonique indifférente. Cela équivaut à dire que (pour un ou tout P) $u \leqq H_u^{D_P^\lambda}$ et

([3]) *Cf.* H. Grötzsch, *Ber. Leipzig*, 80, 1928, p. 367; P. Koebe, *loc. cit.*; E. Rengel, *Schr. Math. Sem. u. Inst.*, Berlin, 1, 1933, p. 141.

([1]) Brelot et Choquet, *Ann. Inst. Fourier*, 3, 1951, p. 199-263, (Mémoire noté ultérieurement BC). Précisons que, contrairement à ce qui a été explicité là malencontreusement dans la définition des espaces $\mathcal{E}$, il faut supposer la séparation de $\mathcal{E}$ qui n'est pas conséquence des autres hypothèses.

([2]) Brelot, *Comptes rendus*, 235, 1952, p. 598.

que cette majorante (décroissante de λ) admet quand $\lambda \to 0$ une limite finie. Cette limite, indépendante de P, est la plus petite majorante harmonique indifférente appelée *meilleure majorante harmonique* $\bar{u}$. (Lorsque Ω est relativement compact dans un espace $\mathcal{E}$ où u se prolonge sousharmoniquement, $\bar{u}$ vaut H_u^{Ω} déjà appelée meilleure majorante harmonique dans les cas classiques).

u sousharmonique sera dite *faiblement mineure* si l'on a seulement (pour un P donc pour tous) $u \leqq \underline{H}_u^{D_P^\lambda} (= \overline{H}_u^{D_P^\lambda}$ fini ou $+\infty$); elle sera dite *fortement mineure* si u^+ est mineure, c'est-à-dire si u est majorée par une fonction harmonique fortement indifférente; $\bar{u}$ est alors fortement indifférente.

Exemples. — u sousharmonique bornée supérieurement ou d'intégrale de Dirichlet finie est fortement mineure. Une fonction linéaire non constante dans R^3 est indifférente mais non fortement indifférente.

3. *Fonctions mineures et radiales.* — A côté de la radiale, qui est une fonction sur $\mathcal{L}'$ (ensemble des lignes de Green régulières issues d'un pôle fixé P) sommable pour la mesure de Green dg (correspondant à la mesure harmonique sur Σ_P^λ en P), on va introduire la *majorante radiale :* pour u par exemple sous-harmonique dans Ω, φ quelconque réelle sur $\mathcal{L}'$ sera dite majorante radiale si l'intégrale supérieure $\overline{\int} (u_l^\lambda - \varphi)^+ dg(l) \to 0$ avec λ (u_l^λ valeur de u sur la ligne de Green l au point $G = \lambda$).

Théorème 1. — *Si u faiblement mineure a une radiale (ou une majorante radiale sommable) u est fortement mineure et $\bar{u}$ admet la même radiale (resp. majorante radiale). Supposons u mineure, $\bar{u} - u$ a la radiale* 0 *donc si $\bar{u}$ a une radiale, u admet cette même radiale.*

Principe de maximum. — *Soit u faiblement mineure; si* 0 *est majorante radiale, $u \leqq 0$; si φ est majorante radiale, $u(P) \leqq \underline{\int} \varphi \, dg$.*

Donc pour φ sommable sur $\mathcal{L}'$, il y a au plus une fonction harmonique indifférente admettant φ pour radiale. On va chercher s'il en existe.

4. *Radiales et problème de Dirichlet.* — Théorème 2. — *Pour les problèmes de Dirichlet particuliers connus (ordinaire, ramifié, géodésique) et même pour le problème général de* (BC) nos 27-28 *lorsque presque toutes les lignes de $\mathcal{L}'$ convergent dans la topologie correspondante (pour $G_P \to 0$), toute solution existante est fortement indifférente et admet une radiale* (de pôle P).

Théorème 3. — *Soit φ quelconque sur $\mathcal{L}'$. Considérons pour les fonctions sousharmoniques u les conditions suivantes :*

a_1. *u est bornée supérieurement;*

a_2. *u est faiblement mineure;*

b_1. *u admet une radiale $\leqq \varphi$;*

b_2. *u admet φ comme majorante radiale.*

Les fonctions égales à $-\infty$ ou sousharmoniques et satisfaisant à une a_i et une

b_j *admettent une enveloppe supérieure* $-\infty$, $+\infty$ *ou harmonique indifférente. On considère aussi les opposées des enveloppes analogues correspondant à* $-\varphi$; *elles majorent les premières enveloppes.*

Si φ *est radiale d'une fonction harmonique indifférente* U (*par exemple la solution d'un problème du théorème* 2), *les huit fonctions précédentes valent* U. *Si et seulement si* φ *est sommable et si* Ω *est à deux dimensions, les huit fonctions coïncident avec une fonction harmonique d'ailleurs fortement indifférente et de radiale* φ (ce qui n'aurait pas toujours lieu dans R^3).

ANALYSE SYMBOLIQUE. — *Application de la transformation de Laplace à deux variables, à la résolution d'équations fonctionnelles.* Note de M. **Maurice Parodi**, présentée par M. Henri Villat.

Nous nous proposons de montrer sur un exemple l'intérêt de l'emploi du calcul symbolique à deux variables pour la résolution d'équations fonctionnelles.

Considérons l'équation d'inconnue $\varphi(s)$

$$\frac{u^n\varphi(u)-v^n\varphi(v)}{u-v}+\frac{u\varphi(u)-v\varphi(v)}{u-v}=A_0[u^{n-2}+u^{n-3}v+\ldots+uv^{n-3}+v^{n-2}]$$
$$+A_2[u^{n-3}+u^{n-4}v\ldots+uv^{n-4}+v^{n-3}]$$
$$+\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots$$
$$+A_{n-3}[u+v]+A_{n-2},$$

où les A_0, A_1, ..., A_{n-2} sont des constantes.

Considérons une fonction $\Phi(z)$ admettant, au sens de Laplace, une transformée $\varphi(s)$ dans une transformation à une variable; on sait que dans l'analyse symbolique à deux variables, on a les correspondances

$$\frac{u\varphi(u)-v\varphi(v)}{u-v}\subset-\Phi(x+y),$$

$$\frac{u^n\varphi(u)-v^n\varphi(v)}{u-v}-\Phi(0)[u^{n-2}+u^{n-3}v+\ldots+v^{n-2}]$$
$$-\Phi'(0)[u^{n-3}+u^{n-4}v+\ldots+v^{n-3}]$$
$$-\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots$$
$$-\Phi^{(n-3)}(0)[u+v]-\Phi^{(n-2)}(0)\qquad\subset-\Phi^{(n)}(x+y).$$

Dans ces conditions, en posant

$$\Phi(0)=A_0,\qquad\Phi'(0)=A_2,\qquad\ldots,\qquad\Phi^{(n-2)}(0)=A_{n-2},$$

il apparaît que l'équation fonctionnelle envisagée est la transformée, dans une correspondance à deux variables, de l'équation

$$\Phi^{(n)}(x+y)+\Phi(x+y)=0,$$

il en résulte

$$\Phi(z)=\sum_{k=1}^{n}\alpha_k e^{r_k z},$$

expression dans laquelle les $r_k (k = 1, 2, \ldots, n)$ représentent les racines $n^{\text{ièmes}}$ de -1 et où les α_k sont des constantes, au nombre de n, qui doivent satisfaire aux relations

$$\begin{aligned} A_0 &= \Phi(0) = \sum_{k=1}^{n} \alpha_k, \\ A_1 &= \Phi'(0) = \sum_{k=1}^{n} \alpha_k r_k, \\ &\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots \\ A_{n-2} &= \Phi^{(n-2)}(0) = \sum_{k=1}^{n} \alpha_k r_k^{n-2}. \end{aligned}$$

Nous possédons ainsi un système de $(n-1)$ équations, d'inconnues α_1, $\alpha_2, \ldots, \alpha_n$; on pourra le résoudre en donnant à α_n, par exemple, une valeur arbitraire, les solutions existeront toujours car le déterminant du système est du type de Vandermonde.

En définitive, après détermination des α_k, la solution de l'équation fonctionnelle envisagée s'écrira

$$\varphi(s) = \sum_{k=1}^{n} \frac{\alpha_k}{s - r_k}$$

et elle dépendra d'une constante arbitraire.

STATISTIQUE MATHÉMATIQUE. — *Intervalles de contrôle pour l'extrapolation des plus grandes valeurs*. Note de M. **E. J. Gumbel**, présentée par M. Maurice Fréchet.

La probabilité d'une plus grande valeur réduite d'être inférieure à y est

$$(1) \qquad \Phi(y) = \exp[-e^{-y}],$$

pourvu que la distribution initiale soit du type exponentiel. Soit

$$(2) \qquad T(y) = \frac{1}{1 - \Phi(y)}$$

la durée de retour; alors nous affirmons : pour de grandes valeurs de T la probabilité pour que la plus grande valeur correspondant à T arrive pendant l'intervalle 0,32 T jusqu'à 3,13 T est à peu près 2/3. Pour la preuve considérons deux valeurs réduites $y \pm \Delta$ dont les durées de retour sont d'après (1) et (2) et pour de grandes valeurs de T

$$(3) \qquad T(y \pm \Delta) = T(y)\, e^{\pm\Delta} + \frac{1 - e^{\pm\Delta}}{2}.$$

Nous choisissons Δ de sorte que la probabilité pour une valeur réduite d'être contenue dans l'intervalle $y \pm \Delta$ soit $P = 0,68\,269$, ce qui correspond à l'intervalle formé par l'addition et la soustraction de l'écart type à la valeur moyenne dans la distribution normale. Puisque la plus grande valeur y correspondant à T est la plus grande valeur la plus probable et puisque la distribution de la plus grande valeur pour n observations obtenues pour la distribution (1) est la distribution (1) transformée vers la droite, on obtient d'après (3)

$$\Delta = 1,14\,078.$$

Il en résulte

$$(4) \qquad \begin{cases} T(y+\Delta) = 3,12\,918\,T - 1,06\,459, \\ T(y-\Delta) = 0,31\,957\,T + 0,34\,021, \end{cases}$$

ce qui prouve le théorème énoncé. L'intervalle est indépendant des paramètres qui existent dans la formule (1), si au lieu de la plus grande valeur réduite y nous introduisons la plus grande valeur x elle-même et peut servir comme contrôle pour la plus grande valeur de $n\,(\geqq 27)$ observations et pour l'extrapolation. Par exemple, le débit de crue correspondant à une durée de retour de 200 années arrivera dans l'intervalle de 64 à 625 années avec une probabilité de 2/3. Le fait remarquable que l'intervalle de contrôle ne dépend pas du nombre d'observations est dû à la stabilité de la distribution initiale (1). Il en résulte que cet intervalle ne peut pas être amoindri par l'augmentation du nombre d'observations.

MÉCANIQUE. — *Transformations infinitésimales et intégration des équations différentielles de la mécanique.* Note [1] de M. **François Gallissot**, présentée par M. Henri Villat.

Notre but est de montrer que l'étude de l'intégration du système différentiel Σ associé à une forme Ω de degré deux de rang $2n$ définie sur une variété V_{2n+1} à $(2n+1)$ dimensions, dans le cas où $d\Omega \neq 0$ peut s'effectuer au moyen des opérateurs θ, i, d, définis par M. H. Cartan [2].

Le champ caractéristique associé à Σ sera noté E et on a : $i(E)\Omega = 0$.

Théorème I. — *A tout $x \in T$ correspond une forme de Pfaff π nulle sur les lignes intégrales de Σ; réciproquement, à toute forme de Pfaff π, nulle sur les lignes intégrales de Σ correspond un élément $x \in T$ modulo E.*

Intégrale première de Σ. — On appelle intégrale première de Σ toute forme

(1) Cette Note fait suite à ma Note *Comptes rendus*, 235, 1952, p. 1277, dont je reprends les notations.

(2) *Colloque de topologie*, Bruxelles, Masson, Paris, 1951, p. 15 à 27, référence notée C dans la suite.

de Pfaff $\bar{\pi}$ fermée nulle sur les lignes intégrales de Σ. A toute forme $\bar{\pi}$ correspond au sens du théorème précédent un $\bar{x}$.

Transformation infinitésimale. — Une forme $\Omega \in A(T')$ est dite admettre une transformation infinitésimale définie par l'opératenr $\theta(X)$ si $\theta(X)\Omega = 0$. Il en résulte que le système Σ admet la transformation infinitésimale définie par le même opérateur.

THÉORÈME II. — *Si à* $X \in T$ *correspond une transformation infinitésimale de* Σ, *si à* $\bar{x} \in T$ *correspond une intégrale première de* Σ, *au crochet de Lie* $[X, \bar{x}] \neq 0$ *correspond une nouvelle intégrale première de* Σ *dont l'expression est* $i(X \wedge \bar{x})\Omega$.

Ce théorème est une conséquence immédiate de la relation entre opérateurs établie par M. H. Cartan ([3]).

$$\iota([x, y]) = \theta(x)\, i(y) - i(y)\, \theta(x).$$

THÉORÈME III. — *Sur l'algèbre* $A(T')$ *on a entre les opérateurs définis ci-dessous la relation* ([4])

$$\theta(x)\iota(y) - \theta(y)\, i(x) = i([x, y]) - i(x \wedge y)\, d + d(\iota(x \wedge y)).$$

Définition. — Nous dirons que r éléments $X^1, X^2, \ldots, X^r$ appartenant à T, générateurs de transformations infinitésimales pour Ω, forment un système complet si $[X^\rho, X^\sigma] = \gamma_\tau^{\rho\sigma} X^\tau$, $\gamma_\tau^{\rho\sigma}$ étant des fonctions.

LEMME. — *On peut choisir d'une infinité de manières* $2n$ *éléments* $x^1, \ldots, x^{2n}$, *tels que la valeur de* $i(X^i)\, i(x^j)\Omega = i(X^i \wedge x^j)\Omega$ *soit égale à* 1 *pour* $j = i$, *et à* 0 *pour* i *différent de* j.

Soient $\pi^i = i(x^i)\,\Omega$, i (1 à $2n$) les formes de Pfaff correspondantes.

THÉORÈME IV. — *Le système des* $(2n - r)$ *formes de Pfaff* $\pi^{r+1}, \ldots, \pi^{2n}$ *est complètement intégrable, et les* r *formes* $\pi^1, \ldots, \pi^2$ *sont des formes invariantes.*

Il suffit pour cela d'appliquer le théorème III aux $2n$ formes et de tenir compte de leur définition. Ce résultat constitue une mise au point définitive des résultats de M. E. Cartan ([5]).

En combinant le théorème IV avec la notion de liaison introduite dans ma Note ([6]), nous pouvons former des cas d'intégrabilité nouveaux pour les systèmes matériels à un nombre fini de degrés de liberté, pour les systèmes avec frottement, et avec asservissement. Ces applications font l'objet d'une publication ultérieure.

([3]) *Cf.* C, p. 18, formule (II).

([4]) Signalons que M. J.-L. Koszul a, dans sa thèse, *Bulletin de la Société mathématique de France*, 78, 1950, p. 71, considéré des endomorphismes analogues, sans les appliquer aux problèmes envisagés.

([5]) E. CARTAN, *Leçons sur les invariants intégraux*, Paris, Hermann, 1922, p. 163.

([6]) *Cf.* GALLISSOT, *Comptes rendus*, 234, 1952, p. 2148.

MÉCANIQUE DES FLUIDES. — *Sur l'existence des écoulements plans, permanents, irrotationnels, uniformes à l'infini, des liquides incompressibles.* Note de M. **Robert Gerber**, présentée par M. Henri Villat.

Dans le plan vertical du mouvement $z = x + iy$, on définit au moyen de son équation intrinsèque $\theta = \theta(l)$, une courbe (S), douée d'asymptotes horizontales; θ est l'angle orienté de la demi-tangente à (S), au point d'abscisse curviligne $l(-\infty \leqq l \leqq +\infty)$, orientée dans le sens des l croissants; $-\pi/2 < \theta(l) \leqq 0 (-\infty \leqq l \leqq +\infty)$; $d\theta/dl$ existe et est bornée.

Nous nous proposons de construire dans le plan z un écoulement irrotationnel, permanent, d'un liquide parfait pesant, uniforme aux infinis aval et amont (de vitesse V_0 donnée à l'infini amont) de débit ψ_0 donné; le domaine $\mathcal{A}$ du liquide en mouvement est limité par (S) et par la ligne libre (L), de forme *a priori* inconnue. Le problème revient à déterminer, dans la bande indéfinie $\mathcal{D}$, $0 \leqq \psi \leqq \psi_0$, du plan du potentiel complexe $f = \varphi + i\psi$, la fonction holomorphe et univalente $z(f)$ qui réalise la représentation conforme de $\mathcal{D}$ sur $\mathcal{A}$; l'axe $\psi = 0$ a (S) pour image; les points à l'infini se correspondent. De plus, en posant

$$\frac{df}{dz} = V_0\, e^{-i\omega(f)}; \qquad \omega = U + iT,$$

on doit avoir [1]

$$\omega(-\infty + i\psi) = 0; \qquad \omega(+\infty + i\psi) = \text{limite finie, inconnue } a\ priori,$$

$$e^{3T}\frac{dT}{d\varphi} + \frac{g}{V_0^3}\sin U = 0; \qquad U \leqq 0 \qquad \text{pour } \psi = \psi_0, \quad -\infty < \varphi < +\infty.$$

Supposons le problème résolu. Posons $F(\varphi) = T(\varphi + i\psi_0)$ et soit $l(\varphi)$ la correspondance entre (S) et son image. Les formules de M. Villat permettent de former le système intégro-différentiel Σ vérifié par ces inconnues; une fois $F(\varphi)$ et $l(\varphi)$ déterminées, $z(f)$ est connue. Un lemme de M. J. Leray, précisé par M. J. Kravtchenko [2] fournit *a priori* pour $l(\varphi)$ et $\theta[l(\varphi)]$ des modules de continuité si $\mathcal{A}$ est simplement connexe. Moyennant des artifices convenables, Σ est remplacé par une équation fonctionnelle unique $\Sigma^*: x = F(x)$, où x est un élément d'un espace de Banach $\mathcal{E}$, et F une transformation complètement continue opérant sur $\mathcal{E}$; toute solution de Σ est une solution de Σ^*. Cette réduction de Σ et Σ^* constitue la partie la plus délicate de la théorie. Cela étant :

---

[1] Les écoulements de l'espèce ci-après ont été étudiés par M. Poncin, qui a formé la solution indéterminée correspondante (*Publ. Scient. et Techn. Minist. Air*, 16, 1932, p. 43-86). La condition $U \leqq 0$ élimine *a priori* toute une classe d'écoulements possibles.

[2] *J. Math. pures et appl.*, 20, 1941, p. 151.

1° Les solutions éventuelles de Σ^* sont bornées dans leur ensemble; la fonction $z(f)$ correspondante est univalente si

$$\text{Max}\,|\theta(l)| + \frac{g\psi_0}{V_0^3} < 1. \tag{1}$$

Les critères de J. Schauder et de M. J. Leray permettent alors d'affirmer l'existence d'au moins une solution de Σ^*.

2° Si les données vérifient les conditions :

$$|\theta(l)| \leqq A\, e^{-\alpha|l|}; \tag{2}$$

$$\frac{g\psi_0}{V_0^3} < 1, \tag{3}$$

où α et A sont des constantes positives, toute solution de Σ^* est solution de Σ. On conclut de là que le problème posé admet au moins une solution chaque fois que les données vérifient (1), (2), (3).

HYDRAULIQUE. — *Résultats de recherches concernant les origines des mouvements à longue période observés dans les ports maritimes.* Note de M. **Jean Laurent**, présentée par M. Henri Villat.

Des résultats concordants d'études théoriques, d'essais sur modèle réduit et d'observations en nature ont démontré que les mouvements horizontaux à longue période constatés dans certains ports, rades, etc. sont des phénomènes de résonance de la masse d'eau intéressée sous l'effet des trains d'ondes de la houle.
Des procédés simples ont été définis, qui permettent de supprimer ou d'atténuer ces phénomènes.

Nous résumons ici nos études sur les mouvements horizontaux à longue période, constatés dans certains ports maritimes, rades, etc., et qui occasionnent fréquemment, comme on le sait, des ruptures d'amarres.

Ces études ont été conduites en associant étroitement la théorie, les observations sur place (1) et les essais sur maquette (2).

Ainsi qu'on le verra, nous sommes parvenu, d'une part, à établir que, suivant une hypothèse que nous avions émise depuis longtemps, les phénomènes en question sont dus au fait que la houle se propage par trains d'ondes — et, d'autre part, à trouver un moyen pratique permettant de les supprimer ou, tout au moins, de les atténuer.

Nos premiers essais ont eu pour objet de reproduire des mouvements horizontaux à longue période dans un bassin rectangulaire, représenté sur la figure 1. On remarque, à droite, une jetée poreuse séparant le bassin proprement dit du large, disposition fréquemment rencontrée. Ayant engendré dans le modèle des houles fluctuantes comportant des trains

---

(1) J. Laurent, *Comptes rendus*, **229**, 1949, p. 1203.

(2) Les essais ont été entrepris, depuis douze ans, au Laboratoire Central d'Hydraulique.

d'ondes analogues à ceux que nous avions observés en nature, nous avons obtenu, dans le bassin, des mouvements horizontaux, décelés par le déplacement de petits flotteurs peints en blanc (*fig.* 1).

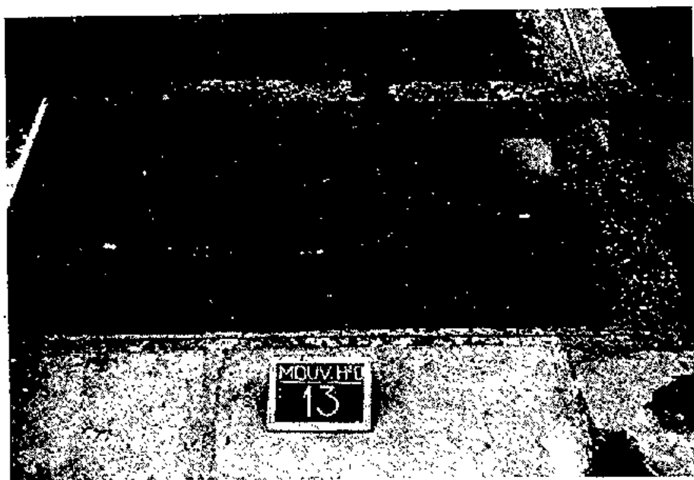


Fig. 1.

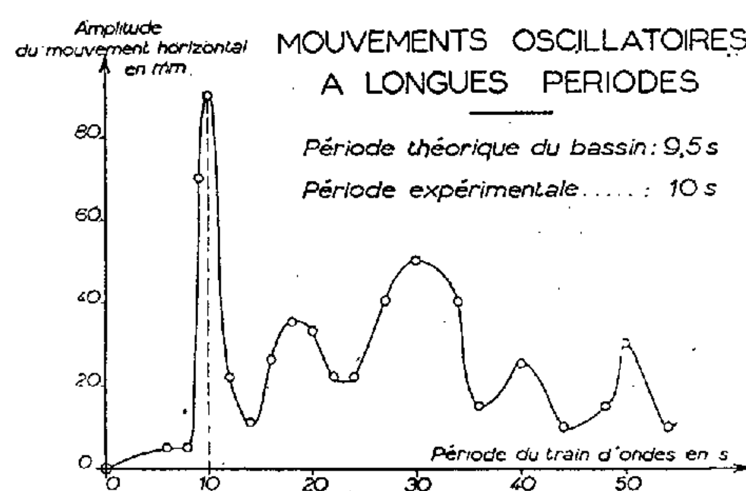


Fig. 2.

Précisons que, pour une hauteur moyenne des vagues, au large, de 4 m, l'amplitude du mouvement correspondant est de 14 m en nature, environ, ce qui correspond bien à l'ordre de grandeur du phénomène observé dans certains cas.

On constate, par ailleurs (*fig.* 2), que l'amplitude du mouvement passe par un maximum lorsque la période des trains d'ondes est un multiple de 10 s. Or le calcul montre que la période propre du bassin est de 9,5 s. Cette concordance montre que les phénomènes étudiés sont dus à la résonance du bassin, dont la période propre est égale à la période des trains d'ondes excitateurs.

Signalons que des observations en nature de H. Munk (U. S. A.) et J. Tucker (G.-B.) sont venues confirmer notre théorie d'une manière concluante : il existe, dans la réalité, des mouvements lents d'oscillation horizontale de certains plans d'eau côtiers dont la période concorde avec celle des trains de vagues arrivant du large.

Poursuivant nos recherches en associant les considérations théoriques et l'expérience, nous avons trouvé des procédés permettant de réduire, de façon importante, l'amplitude de ces mouvements horizontaux.

Pour un bassin rectangulaire, de longueur L et de profondeur moyenne H, les différentes périodes de résonance sont données par la formule

$$T = \frac{2L}{k\sqrt{gH}}, \tag{1}$$

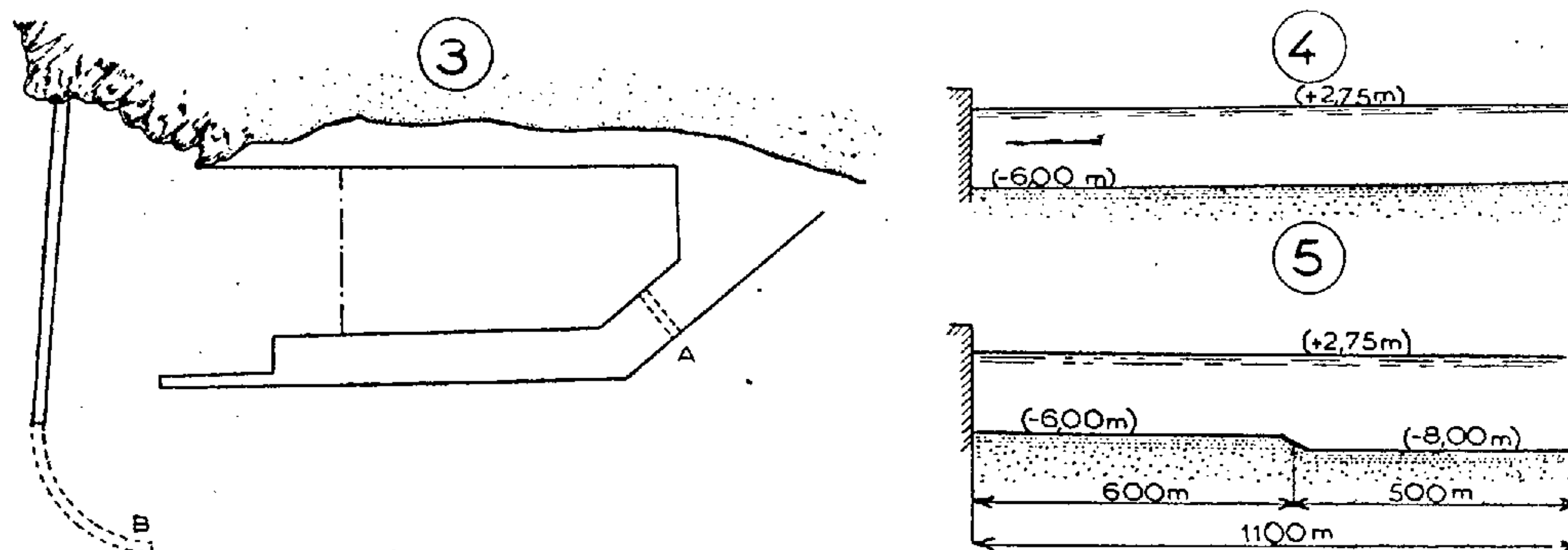
et l'amplitude maximum du mouvement horizontal est de la forme

$$\lambda = \frac{2aL}{\pi H}, \tag{2}$$

a étant l'amplitude moyenne de la houle.

La formule (2) suggère d'accroître H, c'est-à-dire de réaliser un approfondissement de l'ensemble du bassin pour atténuer les mouvements à longue période. Cet effet s'obtient, non seulement par l'augmentation de profondeur [form. (2)], mais, aussi, par le fait que la période propre du bassin est changée, et ne coïncide plus avec celle des trains d'ondes [form. (1)].

Ce procédé étant généralement d'application coûteuse, nous avons recherché une solution plus pratique, en particulier par un approfondissement du bassin, limité à certaines régions convenablement choisies. Nos travaux ont montré que l'on obtient ainsi un résultat équivalent à celui donné par un approfondissement de l'ensemble du bassin, à condition que les régions approfondies soient celles coïncidant avec les « ventres » des mouvements horizontaux.



Par exemple, un bassin rectangulaire de 1100 m de longueur, 300 m de largeur et 6 m de profondeur sous basse-mer (*fig.* 3 et 4) peut être le siège d'une oscillation horizontale en quart d'onde, uninodale, de période égale à 228 s, et dont l'amplitude peut atteindre 40 m, le ventre du mouvement se trouvant au voisinage de la passe d'entrée, Un approfondissement de 2 m environ de cette région (*fig.* 3 et 5) réduit l'amplitude des mouvements, dans une proportion variant de 56 à 80 %.

Dans d'autres cas, nous avons réussi, par la création d'ouvertures dans certains ouvrages du bassin (*fig.* 3 A), ou bien par l'aménagement d'ouvrages appropriés au voisinage de son entrée (*fig.* 3 B), à réduire très sensiblement l'amplitude des mouvements horizontaux à longue période.

Les ports maritimes peuvent donc être protégés efficacement contre ces phénomènes, par des moyens aussi simples que possible. Dans chaque cas, des essais sur modèle réduit, appuyés sur le calcul et sur les observations en nature sont indispensables pour déterminer le procédé le meilleur, ainsi que les caractéristiques optima des travaux à réaliser.

ASTRONOMIE GÉODÉSIQUE. — *Sur l'emploi de l'astrolabe à pendule en astronomie géodésique.* Note de M. **Bertrand Imbert**, présentée par M. André Danjon.

L'astrolabe à pendule, construit aux Etats-Unis pour la détermination des positions géographiques a été employé pour la première fois dans l'Union Française par l'Expédition en Terre Adélie. Des expériences préalables exécutées en France ont montré que sa précision était très satisfaisante pour les travaux en campagne.

L'Expédition française en Terre Adélie a utilisé en 1950-1951, un astrolabe à pendule pour déterminer la position géographique du point fondamental de la triangulation locale et celle d'un certain nombre de points de contrôle du levé photogrammétrique aérien.

L'instrument imaginé en 1942 par l'astronome américain John E. Willis pour appliquer la méthode des hauteurs égales à la détermination des positions géographiques est assez répandu aux États-Unis où il prend la place des astrolabes à prisme ([1]). L'appareil utilisé en Terre Adélie est, à notre connaissance, le premier exemplaire acquis par une nation européenne.

L'appareil dérive directement de la lunette coudée de La Baume Pluvinel ([2]), mais le bain de mercure de ce dernier instrument a été remplacé par un miroir plan, disposé horizontalement dans une suspension pendulaire.

On démontre que, même si le nivellement n'est pas rigoureux, la hauteur instrumentale d'observation reste la même (environ 60°) si les réglages optiques sont corrects, bien que le miroir éprouve alors une légère inclinaison résiduelle en raison de l'élasticité des lames de suspension. Le grossissement de la lunette est de 80, ce qui permet d'observer les étoiles jusqu'à la magnitude 6; le réticule comporte 5 fils curvilignes dessinant des cercles de hauteur; on note la moyenne des 5 pointés obtenus. L'appareil est particulièrement léger, peu encombrant et d'un maniement très simple, qualités qui l'ont fait choisir pour les travaux dans l'Antarctique.

Il a paru utile de s'assurer par des expériences préalables en France que l'instrument conduisait à une précision suffisante et qu'en particulier il ne s'introduisait aucune erreur systématique dans la définition de la verticale locale. Les séries d'observations portaient sur une dizaine d'étoiles bien réparties en azimut. Elles eurent lieu au Service Hydrographique de la Marine à Paris et au séminaire d'astronomie de l'Institut Géographique National à Goult (Vaucluse). Les pointés étaient généralement effectués par la « méthode de l'œil et de l'oreille » qui consiste à interpoler le passage de

---

([1]) J. E. Willis, *Trans. Am. Geoph. Un.*, **27**, n° 1, 1946, p. 1-7.

([2]) *Comptes rendus*, **174**, 1922, p. 535; Mme E. Chandon et A. Gougenheim, *Revue hydrographique*, **12**, n° 1, 1935.

l'étoile derrière un fil entre les secondes du garde-temps écoutées au casque téléphonique. Pour la réduction des observations, on s'est servi de la résolution graphique habituelle des observations de hauteurs égales. Les positions géographiques des deux stations étaient connues avec précision en raison de nombreuses déterminations antérieures avec des appareils sensiblement plus précis. Les écarts en latitude fournis par l'astrolabe à pendule par rapport à ces positions n'ont pas dépassé 0",5. En outre, il a été effectué dans la région de Goult un ensemble d'observations avec des instruments de campagne qui a donné les résultats suivants, ramenés à un même point :

Instrument.	Mode observation.	Latitude N.	Longitude E.
Théodolite Wild « T 3 » à niveau décalé......	Chronographe imprimant	44° 00′ 15″,77	20m 9s,02
Théodolite Wild « T 3 » à niveau décalé......	« œil et oreille »	44 00 15 ,96	20 8 ,81
Astrolabe à pendule....	»	44 00 16 ,00	20 9 ,00

Le tableau suivant fournit quelques indications sur la précision obtenue dans les déterminations effectuées à l'astrolabe à pendule tant en France qu'en Antarctique. En outre, les deux dernières colonnes donnent à titre de comparaison les mêmes éléments résultant de deux séries d'observations effectuées avec des astrolabes à prisme de modèle géodésique. La première de ces séries qui date de 1906, figure en exemple dans l'ouvrage de Claude et Driencourt (³); les observations y ont été faites également à l'œil et à l'oreille, et il a seulement été tenu compte des observations notées « très bonnes » par l'opérateur, soit 17 sur un total de 48 pointés. La seconde série a été faite avec un appareil plus moderne en 1933 à San Diégo, lors de la deuxième révision des longitudes mondiales (⁴); les pointés étaient inscrits sur un chronographe enregistreur.

		Astrolabe à pendule.			Astrolabe à prisme.	
	Lieu d'observation.........	Paris.	Goult.	Terre Adélie.	Montsouris.	San-Diego.
Nombre d'étoiles observées.............		18	29	75	17	56
» de séries......................		2	3	5	1	1
Écarts entre les droites de hauteur et le cercle enveloppe	Écart maximum....	0″,7	1″,5	2″,1	2″,4	2″,1
	Moyenne des valeurs absolues des écarts.	0″,30	0″,55	0″,66	1″,08	0″,77
	Pourcentage d'écarts > 0″,3...........	45	57	69	76	70

Pour faire une comparaison équitable entre les observations à l'astrolabe à prisme et à l'astrolabe à pendule, il convient de ne pas oublier que les premières

(³) *Description et usage de l'astrolabe à prisme*, Paris, 1910, p. 360.
(⁴) Observations de M. A. Gouhenheim, Service hydrographique de la Marine.

résultent de pointés uniques sur les étoiles tandis que les secondes correspondent à la moyenne de cinq pointés.

Ces résultats permettent de classer l'astrobale à pendule dans la série des instruments de campagne de bonne précision. Ils sont à rapprocher de résultats analogues obtenus aux États-Unis par les soins du Coast and Geodetic Survey, au cours d'une série de comparaisons systématiques avec un instrument universel de Bamberg ([5]).

Il convient d'ajouter que la commodité d'emploi du nouvel instrument a permis d'exécuter en Terre Adélie des déterminations de positions géographiques dans des conditions de vent et de température qui auraient certainement prohibé l'emploi d'appareils à bain de mercure.

ASTRONOMIE STELLAIRE. — *Sur les zéros des relations période-luminosité des Céphéides et des R R Lyræ.* Note de M. **Henri Mineur**, présentée par M. Jean Chazy.

Dans une réunion de la Commission des nébuleuses extragalactiques tenue en septembre dernier au congrès de Rome de l'Union astronomique internationale, Baade, astronome aux observatoires du Mont Wilson et du Mon-Palomar, exposa le principal résultat de ses recherches sur la nébuleuse extragalactique M 31 observée au moyen du grand télescope du Mont Palomar. Le zéro de la relation période-luminosité des Céphéides diffère considérablement de celui des R R Lyræ; les deux courbes ne se raccordent donc pas, les Céphéides étant considérablement plus brillantes qu'on ne le croyait jusqu'à présent.

Dans cette Note je désire souligner que j'avais déjà obtenu ce résultat il y a une dizaine d'années ([1]).

J'étais parti du zéro (+ 0,3) proposé par Emden et supposé commun aux deux courbes. J'avais apporté à ce zéro des corrections prises comme inconnues, ainsi par ailleurs que des corrections à la constante d'absorption interstellaire, et j'avais apporté également des corrections inconnues aux constantes de la translation solaire et de la rotation galactique. La comparaison des vitesses radiales et des mouvements propres m'avait permis de déterminer ces corrections, et j'avais trouvé pour zéro :

$$\text{R R Lyræ } M_0 = -0{,}32, \qquad \text{Céphéides } M_0 = -1{,}54,$$

c'est-à-dire presque exactement ce que Baade confirme maintenant.

([5]) F. R. Gossett et A. D. Sollins, *Trans. Am. Geoph. Un.*, 27, n° v, 1946, p. 629-631.

([1]) *Comptes rendus*, 220, 1945, p. 445 et *Annales d'Astrophysique*, 7, 1944, p. 160.

Le résultat relatif aux Céphéides a pour principal effet de doubler les distances des étoiles lointaines, ainsi que celles des nébuleuses extragalactiques et leurs dimensions.

Par ailleurs M[me] Henri Berthod-Zaborowski, partant des zéros que je venais d'obtenir, a vérifié ([2]) qu'avec ces nouvelles constantes l'observation était correctement représentée sans corrections complémentaires.

PHYSIQUE SOLAIRE. — *Les conditions physiques dans les grandes taches solaires déduites de leur spectre.* Note de M. **Raymond Michard**, présentée par M. André Danjon.

La température, la pression électronique et la pression gazeuse au centre d'une grande tache ont été déterminées en fonction des profondeurs optique puis géométrique, à partir des observations du spectre continu publiées par l'auteur ([1]) et des observations du spectre de raies dues à Ten Bruggencate et Von Klüber ([2]).

Observations et calculs s'appliquent à une grande tache, dont *l'ombre* a une aire de l'ordre de 80 millioniѐmes d'hémisphère et un champ magnétique d'environ 3000 gauss ([3]).

a. Modèle de la photosphère normale. — Les données sur les taches étant obtenues par comparaison avec la photosphère, il importe de disposer d'un bon modèle pour celle-ci. Le nôtre a été calculé à partir des observations du spectre continu visible et infrarouge ([4]) par des méthodes connues ([5]); nous avons admis une teneur en hélium négligeable, et une teneur en métaux aisément ionisables $1/A = 10^{-4}$ de la teneur en hydrogène. Les coefficients d'absorption sont ceux de H^- (Chandrasekhar et Breen) avec une contribution de H_2^+ ([6]) aux grandes profondeurs. Au voisinage de la surface le modèle initial a subi une petite correction de manière a obtenir un parfait accord entre les températures d'excitation calculées et observées pour Ti et Fe.

b. Étude du continu de la tache-type. — Les fonctions-sources et les relations $\tau_\lambda(T)$ ont été déduites de nos observations. Nous avons montré qu'au moins pour le visible et l'infrarouge, l'absorption dans la tache est due à H^-.

([2]) *Annales d'Astrophysique*, 9, 1946, p. 123

([1]) R. Michard, *Comptes rendus*, 235, 1952, p. 791.

([2]) *Z. Astrophys.*, 18, 1938, p. 284; *Veröff. Univ. Sternw. Göttingen*, 78, 1944.

([3]) Les quantités relatives à la tache sont affectées du signe '.

([4]) D. Chalonge et R. Canavaggia, *Ann. Astrophys.*, 9, 1946, p. 143; *ibid.*, 13, 1950, p. 355; R. Peyturaux, *Thèse*, Paris, 1952 (sous presse aux *Ann. Astrophys.*).

([5]) *Cf.* D. Chalonge et V. Kourganoff, *Ann. Astrophys.*, 9, 1946, p. 69; B. Strömgren, *Physica*, 12, 1946, p. 701; R. Peyturaux, *loc. cit.*

([6]) D. R. Bates, *Month. Not. Roy. Astr. Soc.*, 112, 1952, p. 40.

En particulier, le spectre continu infrarouge entre 1 et 2,5 μ calculé à l'aide de nos observations du visible et des coefficients d'absorption de H^-, concorde parfaitement avec les observations de Pettit et Nicholson [7].

c. Étude du spectre de raies. — L'interprétation des raies faibles peut se faire en toute rigueur au moyen de la théorie de Minnaert. L'intensité d'une raie faible d'un atome ionisé n fois ($n = 0$ ou 1) est

$$(1)\qquad W(m\text{Å}) = 5,28.10^{-6}\, g_i f \lambda^2 A_{el} \int_0^{\infty} \frac{\psi . 10^{-\chi_i \theta}}{u_{n+1} + u_n p_e \psi} \frac{G}{\varkappa_\lambda / p_e}\, d\tau_\lambda,$$

avec $\psi = 10^{-9,09}\theta^{5/2} . 10^{\chi_n \theta}$; $\theta = 5040/T$; χ_i, χ_n, potentiels d'excitation, d'ionisation; G, fonction de poids.

Avec l'absorbant H^-, $\varkappa_\lambda / p_e$ est indépendant de p_e de sorte que W ne dépend de p_e que par le terme $u_n p_e \psi$ au dénominateur. Deux cas peuvent alors se présenter :

raies d'un élément presque entièrement ionisé $n+1$ fois : $u_n p_e \psi$ est négligeable; W est indépendant de p_e : cas de Fe, Ti dans la photosphère, de Ti dans la tache;

raies d'un élément presque pas ionisé $n+1$ fois : $u_n p_e \psi$ est prépondérant et W dépend de p_e; cas de Fe dans la tache, de Ti^+ dans tache et photosphère.

Les raies observées dans [2] ne sont pas faibles, mais divers auteurs [8] ont indiqué que l'on pouvait réduire la largeur équivalente W d'une raie forte à la valeur w qu'elle aurait en l'absence de saturation, au moyen de la courbe de croissance (CC). Pour cela, il est nécessaire que la CC soit très bien déterminée, surtout la position de la partie à 45° par rapport au reste de la courbe. Nous avons amélioré à ce point de vue les CC données dans [2] : les CC *relatives à* Ti ont été reconstruites en portant en abscisses la quantité w calculée au moyen de la formule (1) (pratiquement indépendante de p_e !) et en ordonnées la largeur W observée. Les CC obtenues ont en gros la même forme que celles de [2] sauf dans la partie « raies faibles » où elles s'en écartent notablement.

A l'aide des courbes de croissance ainsi tracées, nous avons déterminé les quantités $(w'/w)_{\text{obs}}$ pour Ti^+ et Fe. Portant en abscisses le potentiel d'excitation et en ordonnées $\log(w'/w)$, on obtient une droite dont la pente indique la différence des températures d'excitation dans la tache et la photosphère. Pour les spectres de Fe et Ti^+ nous trouvons $\theta'_e - \theta_e = 0,27$ en bon accord avec [2]. D'autre part, on peut calculer w par la formule (1), et aussi w' en faisant diverses hypothèses sur la valeur du rapport p'_e/p_e dans les couches « optiques » étudiées. En comparant $(w'/w)_{\text{calc}}$ à $(w'/w)_{\text{obs}}$, on trouve p'_e/p_e.

Pour une grande tache assez bien observée, nous avons mesuré une discon-

---

(7) *Contr. Mount Wilson Obs.*, 18, 1929-1930, p. 121.

(8) W. J. CLAAS, *Rech. Astr. Obs. Utrecht*, 12, 1951, p. 1; J. C. PECKER et H. VAN REGEMORTER, *Comptes rendus*, 234, 1952, p. 1850.

tinuité de Balmer D = 0,015. Une si faible perturbation du spectre continu peut se calculer comme l'aile d'une raie large, par la méthode des fonctions de poids, et l'on peut en déduire une valeur du rapport p'_e/p_e aux très grandes profondeurs optiques.

On a finalement obtenu les résultats suivants, chacun se rapportant à la profondeur « effective » indiquée :

Spectre.	Fe($\chi_i = 0$).	Fe($\chi_i = 3^{eV}$).	Ti$^+$($\chi_i = 1^{eV}$).	H(disc. Balmer).
τ_{5000}^{eff}	0,08	0,15	0,15	4
$\frac{p'_e}{p_e}$	— 1,10	— 0,70	— 0,69	— 2,10

Ces données et les valeurs connues de p_e dans la photosphère ont été combinées pour trouver la loi $p'_e(T)$. On calcule alors immédiatement la pression gazeuse dans la tache par la théorie de l'ionisation ; puis la profondeur géométrique h peut être calculée par la relation $d\tau_\lambda = \varkappa_\lambda \rho \, dh$. Le modèle ainsi obtenu pour la tache-type, de manière purement empirique et sans faire appel à l'équation d'équilibre hydrostatique, est donné dans le tableau, avec le modèle photosphérique utilisé comme terme de comparaison.

τ_{5000}.	θ.	$\log p$.	$\log p_e$.	h.	θ'.	$\log p'$.	$\log p'_e$.	h.
0,02........	1,117	4,105	−0,05	0	1,353	3,79	−0,88	0
0,05........	1,060	4,37	0,23	77	1,300	3,955	−0,61	413
0,15........	0,971	4,64	0,62	167	1,204	4,195	−0,20	927
0,50........	0,851	4,885	1,28	256	1,098	4,395	0,20	1 620
1,0.........	0,782	4,985	1,765	300	1,035	4,545	0,43	2 120
3,0.........	0,662	5,085	2,75	345	0,918	4,79	0,92	2 975

Quelques conséquences de ces résultats seront discutées ultérieurement.

PHYSIQUE THÉORIQUE. — *Sur la vie moyenne de la particule* V_1^0.
Note de M. **Bernard d'Espagnat**, présentée par M. Louis de Broglie.

Il est possible d'expliquer les vies moyennes de V_1^0 et de π au moyen d'une seule constante de couplage, à condition que ce couplage soit pseudovectoriel et non pseudoscalaire.

La particule neutre V_1^0 est celle, plus lourde que le proton, qui paraît se désintégrer suivant le schéma



(1) $$V_1^0 \rightarrow P + \pi^-.$$

Nous admettrons que le schéma (1) est correct.

L'hypothèse suivant laquelle V_1^0 serait un état excité du neutron se heurte comme on sait à deux difficultés, d'une part la vie moyenne de cette particule est trop longue (2 à $5 . 10^{-10}$s), d'autre part la résonance à laquelle on devrait

s'attendre dans la diffusion des mésons π^- par l'hydrogène fait défaut. Nous nous rallierons donc à l'hypothèse, déjà considérée par Pais ([1]), suivant laquelle V_1^0 est une particule fondamentale. D'après (1) V_1^0 est alors un fermion.

On sait que pour expliquer la désintégration

$$\pi^{\pm} \rightarrow \mu^{\pm} + \nu, \tag{2}$$

plusieurs schémas d'interaction sont possibles : on peut par exemple considérer (2) comme résultant d'une interaction directe, s'exprimant par la densité de lagrangien :

$$L = g_{PS}\Psi_\mu^{\dagger}\gamma_5\varphi_\pi\Psi_\nu + \frac{g_{PV}}{m_\pi}\Psi_\mu^{\dagger}\gamma_5\gamma_\lambda\frac{\partial\varphi_\pi}{\partial x_\lambda}\Psi_\nu. \tag{3}$$

On peut aussi considérer (2) comme dû au passage par une paire de nucléons virtuelle et à une interaction universelle entre fermions ([2]). Il en va de même dans notre problème : on peut expliquer (1) soit par une interaction directe

$$L = g'_{PS}\Psi_P^{\dagger}\gamma_5\varphi_\pi\Psi_V + \frac{g'_{PV}}{m_\pi}\Psi_P^{\dagger}\gamma_5\gamma_\lambda\frac{\partial\varphi_\pi}{\partial x_\lambda}\Psi_V, \tag{4}$$

soit en faisant appel à des processus plus compliqués. Sans vouloir aborder ici la discussion générale des schémas d'interaction ([3]) nous admettrons par hypothèse que les interactions directes (3) et (4) existent réellement.

Ceci étant dit, l'objet de la présente Note est d'attirer l'attention sur le point suivant.

Alors qu'il est impossible de rendre compte simultanément des vies moyennes de π *et* V_1^0 *observées en choisissant* $g_{PS} = g'_{PS}$; $g_{PV} = g'_{PV} = 0$, *la chose est possible si l'on fait le choix* $g_{PS} = g'_{PS} = 0$, $g_{PV} = g'_{PV}$. Autrement dit il suffit d'une seule constante pour rendre compte de ces deux vies moyennes, à condition que les couplages soient pseudovectoriels. Rappelons que cette même constante g_{PV} permet également d'expliquer l'interaction μ-nucléons ([4]).

Nous n'expliciterons pas les calculs, qui se font très simplement par les méthodes habituelles. Remarquons simplement que le fait signalé s'explique bien aisément si l'on fait appel au théorème d'équivalence de Nelson-Dyson. Ce théorème dit que dans les applications de (3) et (4) on peut supprimer g_{PV}, g'_{PV} à condition de remplacer g_{PS}, g'_{PS} par

$$g_{PS\,\text{équiv}} = g_{PS} + g_{PV}\,m_\mu\,m_\pi^{-1}\,; \qquad g'_{PS\,\text{équiv}} = g'_{PS} + g'_{PV}\,(M_V + M_P)\,m_\pi^{-1}. \tag{5}$$

C'est un résultat connu que les vies moyennes observées conduisent à

([1]) A. PAÏS, *Phys. Rev.*, **86**, 1952, p. 663.

([2]) RUDERMAN-FINKELSTEIN, *Phys. Rev.*, **76**, 1949, p. 1458.

([3]) *Cf.* par exemple FRIEDMANN-RAINWATER, *Phys. Rev.*, **84**, 1951, p. 684; L. MICHEL, *Prog. Cosmic Rays*, 1952, où l'on trouvera des références.

([4]) B. D'ESPAGNAT, *Comptes rendus*, **228**, 1949, p. 744; CAIANIELLO, *Phys. Rev.*, **81**, 1951, p. 625.

prendre $g'_{PS\,\text{équiv}} \gg g_{PS\,\text{équiv}}$, il n'est donc pas possible de choisir $g_{PV} = g'_{PV} = 0$, $g_{PS} = g'_{PS}$, par contre il est possible d'adopter $g_{PS} = g'_{PS} = 0$, $g_{PV} = g'_{PV}$ parce que $(M_V + M_P)\, m_\pi^{-1} \gg m_\mu m_\pi^{-1}$.

Dans cette théorie il est possible de calculer exactement le rapport des vies moyennes $\tau_{V \to P+\pi}$ et $\tau_{\pi \to \mu + \nu}$. Le tableau donne ce rapport pour différentes valeurs de la masse M_V de V_1^0 (Q est la valeur correspondante de l'énergie libérée). Noter que le processus (1) peut entrer en compétition avec le processus $V_1^0 \to N + \pi^0$, difficilement observable. S'il en est bien ainsi et si les probabilités des deux effets sont égales, les vies moyennes observées ne doivent être que la *moitié* des vies moyennes données par le tableau. L'accord avec l'expérience paraît alors possible : ainsi pour $Q = 45$ MeV, $\tau_\pi = 1{,}8 \cdot 10^{-8}$, on trouve $\tau_{V\,\text{observ.}} = 4{,}5 \cdot 10^{-10}$ sec.

$\frac{M_V}{m_e}$	2 180	2 200	2 230	2 260
Q_{MeV}	35	45	60	75
$\frac{\tau_V}{\tau_\pi}$	0,075	0,05	0,032	0,0215

PHYSIQUE THÉORIQUE. — *Sur l'évaluation de la section efficace de diffusion coulombienne dans le choc de deux corpuscules élémentaires de spins $n\hbar/2$ et $m\hbar/2$ (m et n entiers).* Note de M. **Gérard Petiau**, présentée par M. Louis de Broglie.

Calcul covariant de la section efficace de diffusion électromagnétique coulombienne dans le choc de deux corpuscules libres, discernables, de spin total $n\hbar/2$ et $m\hbar/2$ représentés par des systèmes d'équations d'ondes irréductibles.

Dans une Note précédente (1) dont nous reprenons ici les notations, nous avons indiqué les principes généraux d'une nouvelle théorie des corpuscules de spin quelconque. Dans celle-ci, le corpuscule possédant l'état de masse propre unique m_0 et le spin total $n\hbar/2$ est représenté par les $(n+1)(n+2)(n+3)/6$ fonctions d'ondes $\psi_{(i_1,\ldots,i_n)}$ $(i_1, \ldots, i_n = 1, 2, 3, 4)$ complètement symétriques par rapport aux n indices de Dirac $i_1, \ldots, i_n$.

Nous nous proposons ici d'évaluer, dans le cadre de cette théorie, la section efficace de diffusion électromagnétique coulombienne correspondant au choc de deux corpuscules (A) et (B), discernables, de charges e_A, e_B, de masses propres m_A, m_B, de spins total $S_A = n\hbar/2$, $S_B = m\hbar/2$, libres et représentés par des ondes planes à énergie positive dans l'état initial et dans l'état final.

Les corpuscules (A) et (B), initialement dans les états (A_0), (B_0), d'énergies, impulsions et masses propres réduites $(K_{A_0}, \mathbf{K}_{A_0}, \mu_A)$, $(K_{B_0}, \mathbf{K}_{B_0}, \mu_B)$, sont repré-

(1) *Comptes rendus*, **234**, 1952, p. 1955.

sentés par des ondes planes à énergies positives normées dans le volume unité, d'amplitudes $u^{+A_0}_{(i_1,\ldots,i_n)}$, $u^{+B_0}_{(i_1,\ldots,i_m)}$. Dans le choc, (A) et (B) échangent la quantité de mouvement $\mathbf{k}=\mathbf{K}_{A_0}-\mathbf{K}_{A_1}=\mathbf{K}_{B_1}-\mathbf{K}_{B_0}$ par l'intermédiaire d'un corpuscule de champ vectoriel de spin $\hbar(k, \mathbf{k}, \mu_0)$, μ_0 étant très petit et négligeable lorsque ce corpuscule est un photon, ce que nous supposons ici. Dans l'état final (A) et (B) se trouvent dans les états $(A_1)(K_{A_1}, \mathbf{K}_{A_1}, \mu_A)$ et (B_1) $(K_{B_1}, \mathbf{K}_{B_1}, \mu_B)$ d'amplitudes $u^{+A_1}_{(i_1,\ldots,i_n)}$, $u^{+B_1}_{(i_1,\ldots,i_m)}$.

Suivant des notations introduites précédemment, nous écrivons

$$K_{ij}=-K_iK_j+(\mathbf{K}_i\mathbf{K}_j),\qquad q_{ij}=K_{ij}+\mu_i\mu_j\qquad (i, j=A_0, A_1, B_0, B_1);$$
$$q_{\bar{i}j}=K_{ij}-\mu_i\mu_j=q_{ij}-2\mu_i\mu_j,\qquad q_{ii}=0,\qquad K_{ii}=-\mu_i^2,\qquad q_{\bar{i}i}=-2\mu_i^2.$$

La conservation globale de l'énergie et de la quantité de mouvement nous donne $q_{A_0B_0}=q_{A_1B_1}$; $q_{A_0A_1}=q_{B_0B_1}$; $q_{A_0B_1}=q_{B_0A_1}$; $q_{A_0A_1}=K_{A_0B_0}-K_{A_0B_1}$.

L'élément de matrice de diffusion généralisant l'élément de matrice de Møller a pour expression

$$H'^{(1)}_{A_0B_0;A_1B_1}=\frac{e_Ae_B}{2q_{A_0A_1}}(u^{+*}_{A_0}A^{(n)\lambda}u^+_{A_1})(u^{+*}_{B_0}A^{(m)}{}_\lambda u^+_{B_1}),\qquad \text{avec}\quad \lambda=0,\quad p,\quad p=1, 2, 3;$$

$$A^{(n)}{}_0=-A^{(n)0}=\frac{1}{n}\sum_{r=1}^{n}(\alpha_4)_{i_1l_1}\ldots(\alpha_0)_{i_rl_r}\ldots(\alpha_4)_{i_nl_n};$$

$$A^{(n)}{}_p=A^{(n)p}=\frac{1}{n}\sum_{r=1}^{n}(\alpha_4)_{i_1l_1}\ldots(\alpha_p)_{i_rl_r}\ldots(\alpha_4)_{i_nl_n}.$$

La section efficace de diffusion du corpuscule (A) dans l'angle solide $d\Omega_{\mathbf{K}_{A_1}}$ autour de la direction $\mathbf{K}_{A_1}$ tandis que (B) recule dans la direction $\mathbf{K}_{B_1}$ s'écrit

$$d\sigma=\frac{1}{4\pi^2\hbar^2c^2}\,\frac{(\mathbf{K}_{A_1})^3K_{A_0}K_{B_0}K_{A_1}K_{B_1}\,d\Omega_{\mathbf{K}_{A_1}}\overline{|H'^{(1)}_{(n)(m)}|^2}}{[(K_{A_0B_0})^2-\mu_A^2\mu_B^2]^{\frac{1}{2}}[\mathbf{K}_{A_1}(K_{B_1}\mathbf{K}_{A_1}-K_{A_1}\mathbf{K}_{B_1})]},$$

$\overline{|H'^{(1)}_{(n)(m)}|^2}$ représente le carré de l'élément de matrice $H'^{(1)}_{(n)(m)}$ sur lequel on a effectué une sommation sur les états de spin de l'état final et une moyenne sur les états de spin de l'état initial, d'où

$$\begin{aligned}4(q_{A_0A_1})^2(n+1)(m+1)\overline{|H'^{(1)}_{(n)(m)}|^2}\\=e_A^2e_B^2\sum_{u_{A_0}}\sum_{u_{A_1}}\sum_{u_{B_0}}\sum_{u_{B_1}}(u^{+*}_{A_0}A^{(n)\lambda}u^+_{A_1})(u^{+*}_{A_1}A^{(n)\chi}u^+_{A_0})(u^{+*}_{B_0}A^{(m)}_\lambda u^+_{B_1})(u^{+*}_{B_1}A^{(m)}_\chi u^+_{B_0}).\end{aligned}$$

Pour effectuer la sommation, on introduit les projecteurs

$$\left(\frac{1}{2K}\right)^nA^{(n)}_{i_1,\ldots,i_n;l_1,\ldots,l_n}=\left(\frac{1}{2K}\right)^n\prod_{r=1}^{n}[K-(\mathbf{K}.\sigma)-\mu\alpha_4]_{i_rl_r}.$$

D'autre part, tenant compte du fait que dans notre théorie, la normalisation est assurée au moyen de l'intégrale $\int\psi^*_{(i_1,\ldots,i_n)}A^{(n)}_0\psi_{(i_1,\ldots,i_n)}d\tau$,

on a

$$\sum_{u'} (u_1^\star \mathrm{A}\, u')(u'^\star \mathrm{B} u_2) = \left(\frac{\mathrm{K}}{\mu}\right)^{n-1} u_1^\star (\mathrm{AB})\, u_2.$$

Nous obtenons donc

$$\overline{|\mathrm{H}'^{(1)}_{(n)(m)}|^2} = \frac{e_\mathrm{A}^2 e_\mathrm{B}^2 \mathrm{S}^{(n)}_{\mathrm{A}_0\mathrm{A}_1;}{}^{\lambda\varkappa} \mathrm{S}^{(m)}_{\mathrm{B}_0\mathrm{B}_1;\lambda\varkappa}}{4(q_{\mathrm{A}_0\mathrm{A}_1})^2 (n+1)(m+1)\, 16\, \mathrm{K}_{\mathrm{A}_0}\mathrm{K}_{\mathrm{B}_0}\mathrm{K}_{\mathrm{A}_1}\mathrm{K}_{\mathrm{B}_1} (2\mu_\mathrm{A})^{2(n-1)} (2\mu_\mathrm{B})^{2(m-1)}},$$

$$\mathrm{S}^{(n)}_{\mathrm{A}_0\mathrm{A}_1;}{}^{\lambda\varkappa} = \mathrm{Tr.}\,[\Lambda^{(n)}_{\mathrm{A}_0} \mathrm{A}^{(n)\lambda} \Lambda^{(n)}_{\mathrm{A}_1} \mathrm{A}^{(n)\varkappa} \eta^{(n)}]; \qquad \mathrm{S}^{(m)}_{\mathrm{B}_0\mathrm{B}_1;\lambda\varkappa} = \mathrm{Tr.}\,[\Lambda^{(m)}_{\mathrm{B}_0} \mathrm{A}^{(m)}_\lambda \Lambda^{(m)}_{\mathrm{B}_1} \mathrm{A}^{(m)}_\varkappa \eta^{(m)}].$$

Ces traces s'évaluent par récurrence, d'où

$$\mathrm{S}^{(n)}_{\mathrm{A}_0\mathrm{A}_1;}{}^{\lambda\varkappa} = (-1)^n \frac{4(n+1)}{3n} (2 q_{\bar{\mathrm{A}}_0\mathrm{A}_1})^{n-2}$$
$$\times\{2(n-1)\mu_\mathrm{A}^2 [\mathrm{K}^\lambda_{\mathrm{A}_0} + \mathrm{K}^\lambda_{\mathrm{A}_1}][\mathrm{K}^\varkappa_{\mathrm{A}_0} + \mathrm{K}^\varkappa_{\mathrm{A}_1}] - (n+2) q_{\bar{\mathrm{A}}_0\mathrm{A}_1} [\mathrm{K}^\lambda_{\mathrm{A}_0}\mathrm{K}^\varkappa_{\mathrm{A}_1} + \mathrm{K}^\lambda_{\mathrm{A}_1}\mathrm{K}^{\varkappa_0}_{\mathrm{A}} - q_{\mathrm{A}_0\mathrm{A}_1}\delta^{\lambda\varkappa}]\}$$

$$\overline{|\mathrm{H}'^{(1)}_{(n)(m)}|^2} = \frac{e_\mathrm{A}^2 e_\mathrm{B}^2}{4(q_{\mathrm{A}_0\mathrm{A}_1})^2\, 16\, \mathrm{K}_{\mathrm{A}_0}\mathrm{K}_{\mathrm{B}_0}\mathrm{K}_{\mathrm{A}_1}\mathrm{K}_{\mathrm{B}_1}} \frac{(-1)^{n+m}}{9mn} \left(\frac{q_{\bar{\mathrm{A}}_0\mathrm{A}_1}}{2\mu_\mathrm{A}^2}\right)^{n-2} \left(\frac{q_{\bar{\mathrm{B}}_0\mathrm{B}_1}}{2\mu_\mathrm{B}^2}\right)^{m-2}$$
$$\times\Big\{16(n-1)(m-1)[\mathrm{K}_{\mathrm{A}_0\mathrm{B}_0} + \mathrm{K}_{\mathrm{A}_0\mathrm{B}_1}]^2$$
$$+ 8(n+2)(m+2)\left(\frac{q_{\bar{\mathrm{A}}_0\mathrm{A}_1}}{2\mu_\mathrm{A}^2}\right)\left(\frac{q_{\bar{\mathrm{B}}_0\mathrm{B}_1}}{2\mu_\mathrm{B}^2}\right)[(\mathrm{K}_{\mathrm{A}_0\mathrm{B}_0})^2 + (\mathrm{K}_{\mathrm{A}_0\mathrm{B}_1})^2 + q_{\mathrm{A}_0\mathrm{A}_1}(\mu_\mathrm{A}^2 + \mu_\mathrm{B}^2)]$$
$$- 8(n-1)(m+2)\frac{q_{\bar{\mathrm{B}}_0\mathrm{B}_1}}{2\mu_\mathrm{B}^2}[(\mathrm{K}_{\mathrm{A}_0\mathrm{B}_0} + \mathrm{K}_{\mathrm{A}_0\mathrm{B}_1})^2 - q_{\mathrm{A}_0\mathrm{A}_1} q_{\bar{\mathrm{A}}_0\mathrm{A}_1}]$$
$$- 8(m-1)(n+2)\frac{q_{\bar{\mathrm{A}}_0\mathrm{A}_1}}{2\mu_\mathrm{A}^2}[(\mathrm{K}_{\mathrm{A}_0\mathrm{B}_0} + \mathrm{K}_{\mathrm{A}_0\mathrm{B}_1})^2 - q_{\mathrm{A}_0\mathrm{A}_1} q_{\bar{\mathrm{B}}_0\mathrm{B}_1}]\Big\}.$$

$$\overline{|\mathrm{H}'^{(1)}_{(n)(m)}|^2} = \frac{(-1)^{n+m}}{9mn} \left(\frac{q_{\bar{\mathrm{A}}_0\mathrm{A}_1}}{2\mu_\mathrm{A}^2}\right)^{n-2} \left(\frac{q_{\bar{\mathrm{B}}_0\mathrm{B}_1}}{2\mu_\mathrm{B}^2}\right)^{m-2}$$
$$\times\Big\{4(n-1)(m-1)\overline{|\mathrm{H}'^{(1)}_{(0)(0)}|^2} + (n+2)(m+2)\frac{q_{\bar{\mathrm{A}}_0\mathrm{A}_1}}{2\mu_\mathrm{A}^2}\frac{q_{\bar{\mathrm{B}}_0\mathrm{B}_1}}{2\mu_\mathrm{B}^2}\overline{|\mathrm{H}'^{(1)}_{(1)(1)}|^2}$$
$$- 2(n-1)(m+2)\frac{q_{\bar{\mathrm{B}}_0\mathrm{B}_1}}{2\mu_\mathrm{B}^2}\overline{|\mathrm{H}'^{(1)}_{(0)(1)}|^2} - 2(m-1)(n+2)\frac{q_{\bar{\mathrm{A}}_0\mathrm{A}_1}}{2\mu_\mathrm{A}^2}\overline{|\mathrm{H}'^{(1)}_{(1)(0)}|^2}\Big\}.$$

Cette dernière expression montre notamment que la section efficace de diffusion d'un corpuscule de spin $n\hbar/2$ par un corpuscule de spin $m\hbar/2$ soit $d\sigma_{(n)(m)}$ s'exprime simplement au moyen des sections efficaces $d\sigma_{(0)(0)}$, $d\sigma_{(0)(1)}$, $d\sigma_{(1)(0)}$ et $d\sigma_{(1)(1)}$.

CYBERNÉTIQUE. — *Perturbations des oscillateurs filtrés.*

Note de M. **Gilbert Cahen**, présentée par M. Louis de Broglie.

Le fait de supposer que l'amplificateur d'un oscillateur est filtré, de manière à répondre à une excitation sinusoïdale par une oscillation sinusoïdale synchrone. permet d'établir, en fonction des dérivées partielles du gain et de la phase, une équation aux perturbations; celle-ci permet de montrer, dans ce cas très général, l'existence du seuil de synchronisation et, lorsque la perturbation est inférieure à ce seuil, du traînage de fréquence.

Tout oscillateur est non linéaire, puisque l'amplitude de l'oscillation est limitée. Sans faire d'hypothèse sur le degré ni la forme de l'équation qui le

régit, nous admettrons avec Dutilh ([1]), Kochenburger ([2]) et Loeb ([3]) qu'un filtrage coupe les harmoniques de la fondamentale, de telle sorte que la réponse du circuit ouvert à une excitation

$$X = x \cos \omega t \tag{1}$$

ait la forme

$$Y = y \cos(\omega t + \varphi) \tag{2}$$

lorsque x et ω sont assez voisins des amplitudes x_0 et pulsation ω_0 du régime d'oscillation spontané.

Si l'amplificateur était linéaire, $(y/x)\exp(j\varphi)$ serait une fonction analytique de $(\dot{x}/x) + j\omega$. Ici, admettant que y/x et φ sont fonctions de $\dot{x}/x$, ω et x, cette dernière dépendance traduisant la non-linéarité, nous posons, au voisinage de x_0 et ω_0 :

$$\left\{\begin{array}{lll} \dfrac{\partial\varphi}{\partial x} = a\cos\alpha, & \dfrac{\partial\varphi}{\partial\omega} = b\cos\beta, & \dfrac{\partial\varphi}{\partial\tau} = cx_0\cos\gamma; \\ \dfrac{\partial y}{\partial x} - 1 = ax_0\sin\alpha, & \dfrac{\partial y}{\partial\omega} = bx_0\sin\beta, & \dfrac{\partial y}{\partial\tau} = cx_0^2\sin\gamma. \end{array}\right. \tag{3}$$

Appliquons au circuit bouclé une oscillation perturbatrice,

$$Z = \omega x_0 \cos[(\omega_0 + \varepsilon)t] \qquad (\text{avec } \varepsilon \ll \omega_0). \tag{4}$$

La méthode proposée consiste à considérer l'oscillation à l'entrée de l'amplificateur, compte tenu de la perturbation, comme une oscillation fictive de pulsation $\omega_0 + \varepsilon$ mais de phase variable θ, de telle sorte que la valeur effective de la pulsation est en réalité $\omega_0 + \varepsilon + \dot{\theta}$. L'équation du bouclage est alors

$$y\cos[(\omega_0+\varepsilon)t + \theta + \varphi] - ux_0\cos(\omega_0+\varepsilon)t + x\cos[(\omega_0+\varepsilon)t + \theta] = 0, \tag{5}$$

y et φ étant évalués au moyen des équations (3).

Comme $\tau = \dot{x}/x_0$, on obtient deux équations en x et $\dot{x}$. Une différentiation permet d'éliminer x, et l'on a finalement l'équation

$$m\ddot{\psi} + [1 + k\sin(\psi - \delta)]\dot{\psi} + \varepsilon(1 - h\cos\psi) = 0 \tag{6}$$

avec les changements de notation suivants :

$$\left\{\begin{array}{lll} \psi = \theta - \alpha, & m = \dfrac{c\sin(\gamma - \beta)}{a\sin(\alpha - \beta)}, & \\ h = \dfrac{u}{b\varepsilon\sin(\alpha - \beta)}, & k = \dfrac{\varepsilon hc}{a}, & \delta = \gamma - \alpha. \end{array}\right. \tag{7}$$

([1]) *Radio*, mai 1950.

([2]) *Electrical Engineering*, août 1950.

([3]) *Comptes rendus*, **231**, 1950; **233**, 1951, p. 733.

L'équation (6) donne la phase de l'oscillation fictive. Si ψ est constant, il y a synchronisation de l'oscillateur sur la perturbation; pour cela, il faut que $h > 1$. On étudie ce qui se passe, lorsque cette condition n'est pas réalisée, par la méthode décrite dans une précédente Note [4]. On trouve aisément que le régime asymptotique est un cycle limite de seconde espèce, la phase ψ variant séculairement, de manière à retrouver les mêmes valeurs, à 2π près, après une durée T qui, si k est petit devant l'unité, peut s'écrire

$$(8) \qquad T = \int_0^{2\pi} \frac{d\psi}{\dot{\psi}} \# - \frac{2\pi\left[1 + \frac{\varepsilon c}{a}\left(1 - \sqrt{1 - h^2}\right)\sin(\alpha - \gamma)\right]}{\varepsilon\sqrt{1 - h^2}}.$$

De ce fait, la pulsation effective n'est égale ni à la pulsation $\omega_0 + \varepsilon$ de la perturbation, ni à la pulsation ω_0 de l'oscillation non perturbée : par rapport à cette dernière, il y a « traînage », nul avec h, puis croissant avec h jusqu'à l' « accrochage » obtenu par $h = 1$.

Nota. — Si la perturbation disparaît ($u = h = k = 0$) l'équation (6) devient

$$m\ddot{\Psi} + \dot{\Psi} + \varepsilon = 0.$$

Remarquant que $\dot{\Psi} + \varepsilon$ n'est autre que l'écart effectif de pulsation, $\omega - \omega_0$, on trouve

$$m\dot{\omega} + \omega = \omega_0.$$

La pulsation ω_0 sera stable ou instable selon que m est positif ou négatif, autrement dit, selon que $\sin(\alpha - \beta)$ et $\sin(\gamma - \alpha)$ sont de même signe ou de signes contraires.

2. Les mêmes méthodes permettent d'étudier le couplage de deux oscillateurs : si λ est un paramètre de bouclage, les équations des oscillateurs seront du type

$$(13) \qquad \begin{cases} X_1 + Y_1 - \lambda p_2 X_2 = 0, \\ X_2 + Y_2 - \lambda p_1 X_1 = 0. \end{cases}$$

Appelons $\varepsilon = \omega_1 - \omega_2$ la différence, supposée petite, des pulsations naturelles des oscillateurs découplés; si θ_1 et θ_2 sont les phases des oscillations à l'entrée des amplificateurs respectifs, la phase de X_2 par rapport à X_1, est

$$(14) \qquad \zeta = \theta_1 - \theta_2 + \varepsilon t.$$

Réciproquement, la phase de X_2 par rapport à X_1 est à la pulsation $\omega_2 - \zeta$. On aboutit dès lors, en traitant chaque équation (13) par la méthode ci-dessus décrite, à deux équations différentielles en θ_1 et θ_2,

$$(15) \qquad \begin{cases} c_1 \sin(\gamma_1 - \beta_1)\ddot{\theta}_1 + \alpha_1 \sin(\alpha_1 - \beta_1)\dot{\theta}_1 = \lambda\left(\frac{p_2 x_2}{b_1 x_1}\right)\left[c_1\cos(\zeta - \gamma_1) - \alpha_1\dot{\zeta}\sin(\zeta - \alpha_1)\right], \\ c_2 \sin(\gamma_2 - \beta_2)\ddot{\theta}_2 + \alpha_2 \sin(\alpha_2 - \beta_2)\dot{\theta}_2 = \lambda\left(\frac{p_1 x_1}{b_2 x_2}\right)\left[c_2\cos(\zeta - \gamma_2) - \alpha_2\dot{\zeta}\sin(\zeta - \alpha_2)\right], \end{cases}$$

[4] *Comptes rendus*, 235, 1952, p. 1003.

qui jointes à (14) permettent de trouver la valeur minimum de λ qui assure la synchronisation, et, par une méthode d'approximation, les traînages mutuels des fréquences des oscillateurs, lorsqu'on est en deçà du seuil de synchronisation.

THERMODYNAMIQUE. — *Sur la variation de la célérité des ondes explosives avec le diamètre des tubes.* Note (*) de MM. **Henri Guénoche** et **Numa Manson**, présentée par M. Gustave Ribaud.

1. L'influence du rayon r sur la célérité D des ondes explosives a déjà été constatée, mais un doute pouvait subsister tant à cause de la précision des mesures [1], [2] qu'à cause de la nature des mélanges utilisés [3]. Cependant, le comportement des explosifs solides [4], les conclusions théoriques de Zeldovitch [5] et de Döring [6] confirmaient qualitativement ces résultats. Récemment, Kistiakowsky, Knight et Malin [7] ont effectué des mesures de D dans des mélanges C_2N_2/O_2 et C_2H_2/O_2 enregistrant avec des détecteurs à quartz le passage des ondes en divers points de tubes de 1,2 à 10 cm de diamètre. Ils ont abouti à la conclusion que D varie avec r suivant une loi de la forme $D = D_\infty - (C/r)$, où C est une constante qui dépend de la nature et de la composition du mélange et où D_∞ représente la valeur de D pour un diamètre infini.

Toutefois, avec le mélange $C_2H_2 + O_2$, dans des ballons sphériques [8], et surtout dans des tubes capillaires (jusqu'à $r = 0{,}3$ mm) [9], les valeurs de D trouvées concordent aux erreurs des mesures près (3 à 5 %) alors que, d'après la relation précédente, il devrait exister un écart de 10 % entre les mesures dans les ballons et celles effectuées dans des tubes de 3 mm de diamètre par exemple.

2. Nous avons donc repris les expériences dans les tubes en éliminant un certain nombre d'erreurs de mesures inhérentes à la méthode de Mallard et Le Chatelier. Nous avons procédé à des mesures relatives de célérités en comparant les pentes de deux droites obtenues simultanément sur le même enregistrement avec un tube de diamètre fixe et avec un tube de diamètre

(*) Séance du 10 décembre 1952.

(1) Berthelot et Vieille, *Comptes rendus*, 94, 1882, p. 101.

(2) Campbell, *J. Chem. Soc.*, 121, 1922, p. 2483.

(3) Bone et Fraser, *Proc. Roy. Soc.* A 130, 1931, p. 342.

(4) Voir par exemple J. Taylor, *Détonation in condensed explosives*, Clarendon Press, Oxford, 1952.

(5) *J. Phys. Theor. et Exper. U. R. S. S.*, 10, 1940, p. 542.

(6) *Ann. der Phys.*, 5, n° 43, 1943, p. 421.

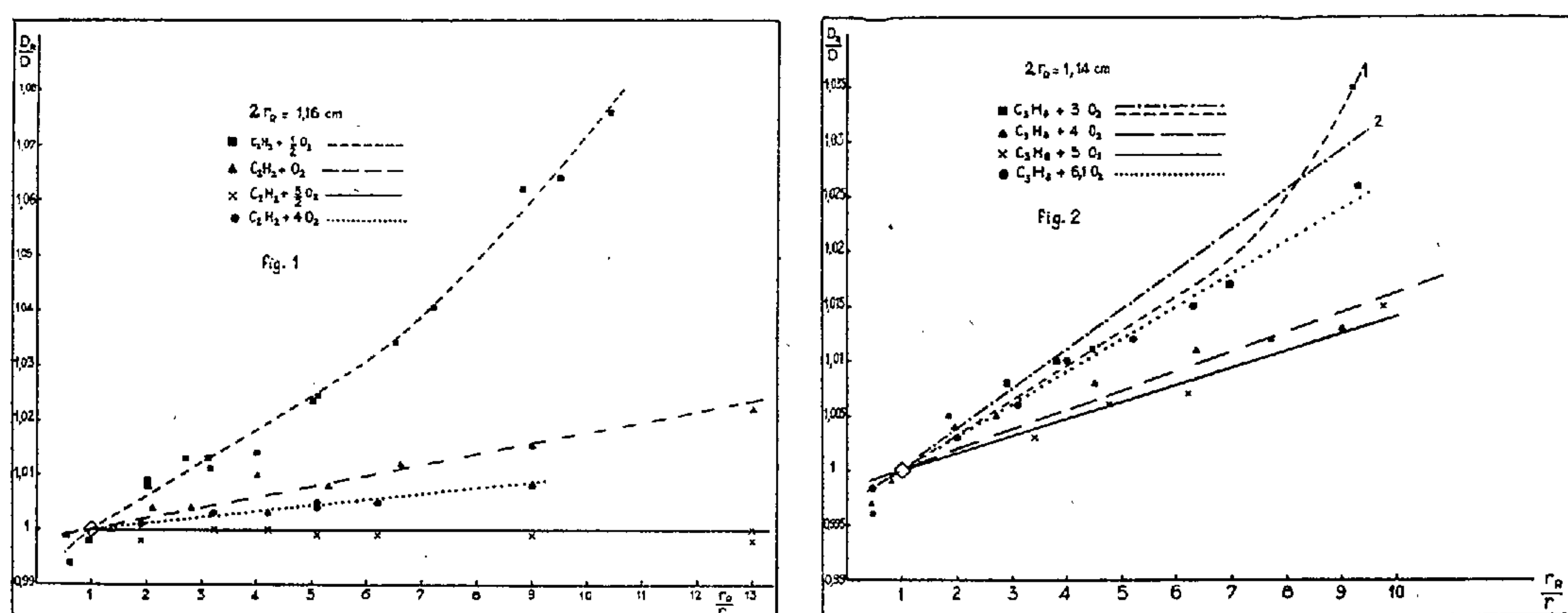
(7) *J. Chem. Phys.*, 20, 1952, p. 876 et 889.

(8) N. Manson et F. Ferrié, *Comptes rendus*, 235, 1952, p. 139.

(9) H. Guénoche, *Revue Inst. Fr. du Pétrole*, janvier-février 1949.

quelconque maintenu parallèle au premier. L'onde explosive s'y propage dans le même sens, provenant d'un troisième tube de diamètre égal à celui du tube de référence. Le mélange gazeux stocké dans une réserve est envoyé dans les trois tubes préalablement vidés.

Le calcul des pentes est fait sur des photographies agrandies en 18×24 cm. $\Delta(D_R/D)$ est égale à $\pm 0{,}01$ (l'indice R se rapporte au tube de référence). Toutefois, la répétition des mesures, la comparaison des pentes pour deux tubes identiques, les valeurs obtenues sur des agrandissements différents par chacun de nous montrent qu'en fait $D_R/D \leqq 0{,}005$.



Les tubes de référence et les tubes étudiés ne présentent pas en leurs extrémités une variation supérieure à 0,2 mm pour les premiers, à 0,1 mm pour les seconds. Donc, lorsque le rapport des rayons $\rho = r_R/r$ varie de 1 à 13, $\Delta\rho$ passe de $\pm 0{,}01$ à 0,86. Les valeurs limites de ρ ont été imposées par le manque de luminosité des ondes d'une part, par l'établissement des ondes, d'autre part.

3. Nous avons utilisé divers mélanges oxyacétyléniques et oxypropanes. Les variations de D_R/D en fonction de ρ sont données sur les figures 1 et 2. Les courbes sont, pour la plupart, des droites dont la pente a varie avec la composition du mélange. a est minimum pour le mélange stœchiométrique ou pour un mélange voisin. Quand on s'éloigne de cette composition et lorsque ρ prend une certaine valeur, la fonction cesse d'être linéaire [10].

On peut penser que toutes les courbes ont même allure que celle relative au mélange $C_2H_2 + 0{,}5\,O_2$, α et la longueur de la partie linéaire dépendant de la composition du mélange. La relation liant D et r serait de la

(10) Nous avons donné deux allures de courbes pour le mélange $C_3H_8 + 3O_2$ car, si la droite est à la limite acceptable suivant notre procédé de mesure, la courbe semble plus probable.

forme $D = D_i \exp\{-f(c, r)/r\}$ où D_i représenterait une célérité idéale indépendante du diamètre du tube et $f(c, r)$ une quantité ayant les dimensions d'une longueur dépendant de la composition du mélange et du diamètre du tube. Cependant, nous ne pouvons actuellement conclure tant sur cette variable que sur les raisons pour lesquelles se manifeste l'influence du diamètre.

ÉLECTROMAGNÉTISME. — *Sur l'équation différentielle des rayons électromagnétiques dans un milieu ionisé absorbant hétérogène de paramètres lentement variables.* Note (*) de M. **Henri Arzeliès**, transmise par M. Jean Cabannes.

Nous utilisons les notations et les résultats d'une Note précédente ([1]). Rappelons, en particulier, que les formules concernent seulement les ondes planes permanentes.

Équations fondamentales pour les lignes de phase. — En raisonnant comme on le fait dans le cas des milieux non absorbants, l'angle i correspondant à une altitude quelconque est donné, en fonction de l'angle i_0 d'entrée dans le milieu, par

$$\frac{\sin i_0}{\sin i} = \frac{V_0}{V}.$$

Pour le voir il suffit de diviser le milieu en tranches parallèles aux plans de stratification. Cette formule ne fait intervenir que l'hypothèse des ondes planes; elle est valable pour tous les milieux. Mais, alors que dans les milieux transparents le rapport de Descartes est une constante, pour les milieux absorbants nous devons poser

$$\frac{\sin i_0}{\sin i} = \nu = \text{fonction de } i \text{ (ou de } i_0).$$

Pour connaître explicitement i, remplaçons ν par son expression en fonction de p, q et i; nous obtenons ainsi l'équation bicarrée en $\sin i$

$$(4p \sin^2 i_0 - q^2) \sin^4 i - 4 \sin^2 i_0 (p + \sin^2 i_0) \sin^2 i + 4 \sin^4 i_0 = 0.$$

D'où après résolution

$$\frac{\sin^2 i_0}{\sin^2 i} = \frac{1}{2}\left[p + \sin^2 i_0 + \sqrt{(p - \sin^2 i_0)^2 + q^2}\right].$$

Cette formule donne l'équation différentielle générale des lignes de phase en milieu absorbant stratifié

$$\boxed{\left(\frac{dx}{ds}\right)^2 = \frac{2 \sin^2 i_0}{p(z) + \sin^2 i_0 + \sqrt{[p(z) - \sin^2 i_0]^2 + q^2(z)}}}.$$

(*) Séance du 17 novembre 1952.

([1]) *Comptes rendus*, 235, 1952, p. 421.

Les fonctions $p(z)$ et $q(z)$ caractérisent le modèle de milieu absorbant considéré.

L'équation ci-dessus permet d'attaquer sous un angle nouveau le problème, déjà étudié par Epstein et Bremmer (²), de l'influence de l'absorption sur les trajectoires de phase. Bien entendu, dans ce qui précède, il n'est question que d'angles i et i_0 réels; les trajectoires considérées sont donc naturellement les trajectoires de phase réelles ou physiques. La précision n'est pas superflue car certains auteurs, utilisant la loi de Descartes sous forme complexe (formule de Cauchy), considèrent des « trajectoires complexes ».

Surfaces des indices. — On peut aussi relier les lignes de phase à la notion de surface des indices. En un point quelconque du milieu, cette surface a pour équation polaire :

$$\nu^2 = \frac{1}{2}\left(p + \frac{1}{2\cos i}\sqrt{p^2\cos^2 i + q^2}\right) = f(i),$$

p et q étant les *constantes* relatives au point considéré. Ce n'est pas une sphère. Le milieu absorbant stratifié se conduit donc, pour les ondes considérées, comme un milieu anisotrope monoréfringent. Le tracé de la direction de la ligne de phase, pour une altitude donnée, s'effectuerait à l'aide de la construction bien connue. Le tracé d'une ligne de phase se ferait de proche en proche à partir de l'entrée dans le milieu absorbant.

Le résultat à mettre en évidence est que *les lignes de phase ne sont pas normales aux surfaces des indices.*

Rayon électromagnétique. — On désigne généralement ainsi la direction moyenne de propagation de l'énergie; le rayon est donc, par définition, tangent en tout point à la vitesse $\overline{V}_e$. En utilisant les résultats de la Note (¹), on montre alors sans difficultés que *les lignes de phase et les rayons sont identiques.*

Cet énoncé serait évident pour des ondes transversales.

Il l'est beaucoup pour les ondes du type plus général considérées dans la Note (¹). En rapprochant ce résultat de celui relatif aux lignes de phase, nous voyons que le rayon n'est pas normal aux surfaces des indices. *Il n'est donc pas possible de généraliser aux milieux absorbants la définition usuelle du rayon* très utile pour l'étude des milieux anisotropes transparents [travaux de Booker, Poeverlein, Argence (³), etc.]. Si l'on veut tenir rigoureusement compte de l'absorption, le rayon ne peut être défini que par le vecteur de Poynting.

Application à la propagation ionosphérique. — Il convient de noter que, dans ce cas, il ne s'agit en général que de faibles corrections, en raison de

(²) *Terrestrial radio waves*, Elsevier New-York, 1949, p. 174.

(³) *Mémoires Soc. Roy. Sc. Liége*, **12**, fasc. **1**, **2**, 1952, p. 253-267. Ce texte comporte un point de départ bibliographique avec, en particulier, des références aux mémoires de Booker et Poeverlein.

la petitesse du coefficient d'absorption. L'équation précédente permet d'évaluer ces corrections ou plutôt, dans l'état actuel de la technique des prévisions, de vérifier si, dans les conditions de calcul, elles sont effectivement négligeables. Il serait en effet prématuré de les introduire effectivement dans le calcul puisque l'on n'a pas encore une méthode *pratique* pour tenir compte du champ magnétique dont l'influence sur les trajectoires est autrement importante que celle de l'absorption.

OPTIQUE ÉLECTRONIQUE. — *Étude expérimentale de l'objectif électrostatique à immersion à électrodes planes : courbes de focalisation et distance focale.* Note (*) de M. **Albert Septier**, présentée par M. Gustave Ribaud.

Dans l'objectif à immersion classique (*fig.* 1), les paramètres pouvant agir sur les propriétés optiques sont les suivants : a et σ, R_1, R_2, b et c. σ est la polarisation relative du Wehnelt W lorsqu'on prend $V_K = 0$ et $V_A = 1$.

1. Courbe de focalisation et distance focale (*fig.* 2). — Tous les paramètres de construction (R_1, R_2, c) étant fixés, on obtiendra la mise au point de l'image à une distance D constante pour une infinité de couples de valeurs ($a - \sigma$). La courbe

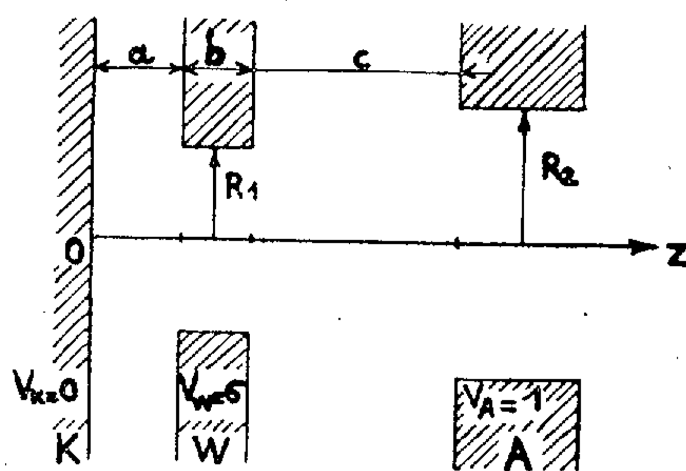


Fig. 1.

représentative $a = f(\sigma)$ est dite courbe de focalisation, caractéristique de l'objectif. On la trace en fixant a à des valeurs connues, et en mettant au point l'image (examinée avec une lunette de fort grossissement) par réglage de σ. Pour chaque couple ($a - \sigma$) le grandissement G est mesuré soit photographiquement, soit par lecture directe des déplacements latéraux de l'objet correspondant à un déplacement connu de l'image. La distance objectif-écran étant grande ($D \gg a + b + c$), on peut en tirer la distance focale image f, dans les conditions de focalisation, par la relation $f = D/G$. La figure 2 donne les valeurs de a et de f pour un exemple d'objectif défini par ($R_1 = R_2 = 1$, $c = 2$, $b = 0,7$). Pour tous les objectifs étudiés, f est une fonction croissante de σ.

(*) Séance du 10 décembre 1952.

Dans la région de fonctionnement normal ($-0,05 < \sigma < 0,05$), cette fonction est assimilable à une hyperbole $f = A/(\sigma - B)$. Corrélativement G varie linéairement avec σ. Pour $\sigma = 0$, l'objectif à immersion est fortement convergent ($3 \text{ mm} < f < 4,5 \text{ mm}$).

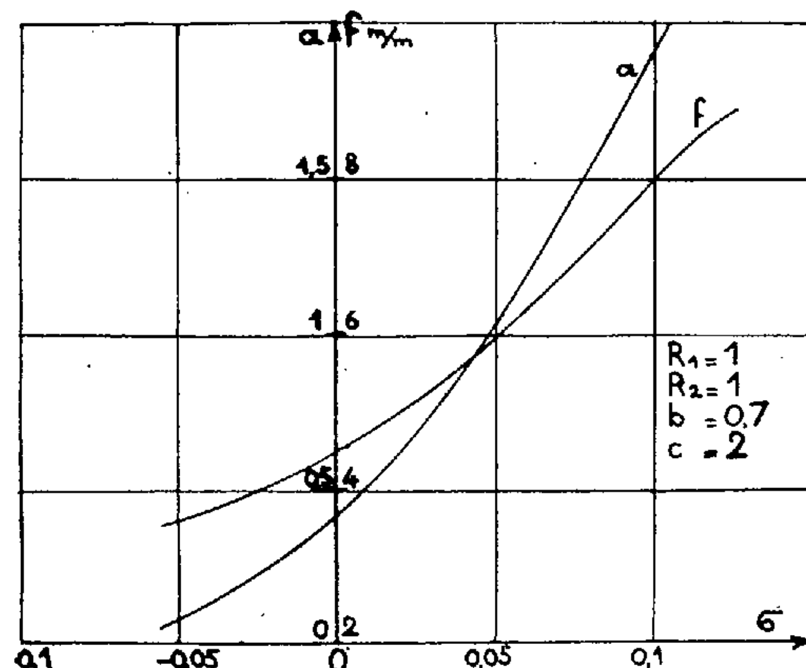


Fig. 2.

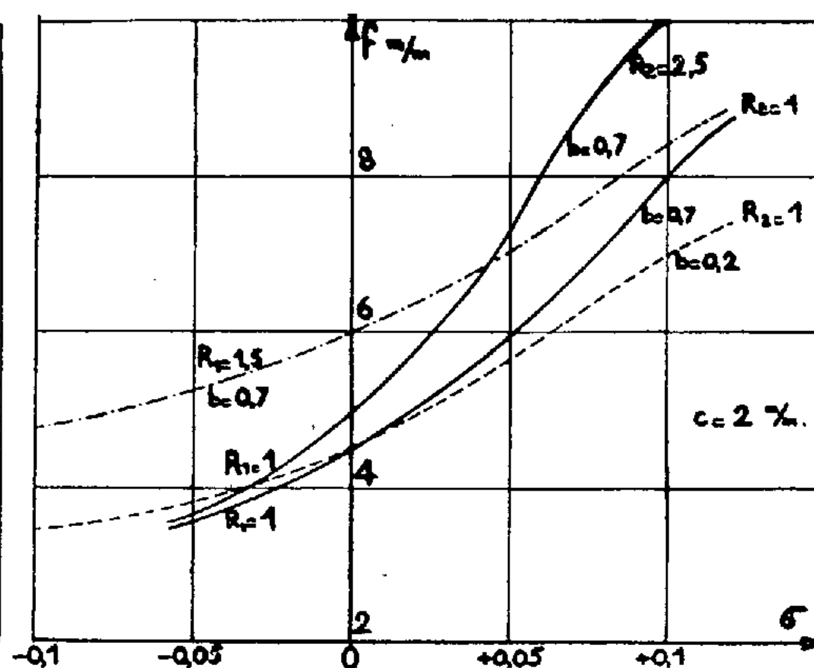


Fig. 3.

2. Influence des paramètres géométriques de construction. — Distance Wehnelt-anode : c doit être maintenu entre des limites assez étroites aux environs de $c = 2$ mm. On ne peut aller au-dessous sous peine de claquages pour $V_A = 25 - 30$ kV, ni beaucoup au-dessus car le champ électrostatique serait insuffisant. Un accroissement de c est équivalent à une diminution de V_A. La courbe de focalisation se déduit, par affinité parallèle à l'axe des σ, de la courbe correspondant à $c = 2$ mm.

Rayon d'anode. — Une variation de R_2 seul a la même influence. Son accroissement correspond à une diminution de V_A. [Exemple : on passe de la courbe de focalisation de l'objectif ($R_2 = 1$) à celle de l'objectif ($R_2 = 2,5$) en multipliant les abscisses σ par 0,8.] La distance focale augmente avec R_2; on peut voir ici l'influence croissante de l'action divergente du trou de A. Mais cette variation est faible pour les polarisations négatives : quelques pour-cent seulement lorsque les rayons sont dans le rapport de 2,5 à 1.

Épaisseur du Wehnelt. — Un accroissement Δb de b provoque un glissement des courbes de focalisation le long de l'axe des ordonnées a, vers l'origine. Si l'on définit une ouverture angulaire mécanique du Wehnelt α par la relation $\operatorname{tg}\alpha = R_1/(a + b)$, on a toujours sensiblement, lorsque b varie seul, $\alpha =$ const. au voisinage de $\sigma = 0$. La distance focale f reste à peu près constante pour $\sigma = 0$; pour $\sigma < 0$ elle croît légèrement lorsque b décroît, sans que cette variation dépasse 3 % pour des variations de b de 0,2 à 0,4 mm. Pour $\sigma > 0$, la variation est de sens contraire.

Rayon du Wehnelt. — Le paramètre R_1 provoque également une translation des courbes de focalisation parallèlement à Oa, mais plus accentuée, et de

sens opposé : un accroissement de R_1 correspond à un accroissement de a_0. Pour toutes les polarisations, *l'ouverture de* W *décroît* quant R_1 augmente. La distance focale varie rapidement avec R_1 qui se révèle être le paramètre essentiel de l'objectif [$f_{(\sigma=0)}$ passe de 4 à 6 mm lorsque R_1 croît de 1 à 1,5 mm dans l'objectif ($R_2 = 1$, $b = 0,7$, $c = 2$)].

La figure 3 résume par quelques exemples numériques les variations de f en fonction des divers paramètres.

MICROSCOPIE ÉLECTRONIQUE. — *Procédé d'empreinte à grand pouvoir de résolution.* Note (*) de MM. **Charles Fert** et **Roger Dargent**, présentée par M. Gaston Dupouy.

De nombreuses techniques ont été proposées pour l'observation de la topographie de la surface des objets opaques au microscope électronique. Le procédé qui permet de prendre l'empreinte d'une surface d'aluminium, ou d'un alliage léger, par formation d'une pellicule d'oxyde ([1]) est l'un des plus intéressants : *il donne une reproduction dont la finesse est plus grande que celle de la plupart des autres techniques, et des pellicules extrêmement résistantes au faisceau d'électrons.*

Différents artifices ont été décrits pour généraliser ce procédé à des surfaces autres que celle d'aluminium ([2]), ([3]).

Nous proposons une méthode qui se rapproche de celle de G. Hass et M. E. Mc Farland ([3]), mais qui en diffère par une mise en œuvre plus simple, tout en donnant d'excellents résultats.

Une couche d'aluminium dont l'épaisseur est supérieure à 1 μ est déposée sur l'échantillon par évaporation dans le vide. Le film d'aluminium est alors détaché du spécimen à l'aide d'une bande de Cello-Tape. Cette opération se fait sans difficulté pour les échantillons variés que nous avons déjà examinés, métaux ou cristaux.

La face du film d'aluminium qui était en contact de la surface de l'échantillon reproduit la topographie de cette surface : Cette face est oxydée anodiquement comme s'il s'agissait d'un échantillon d'aluminium : une pince spéciale permet d'assurer un bon contact entre le film métallique et l'amenée de courant. Nous utilisons pour cette oxydation une solution de phosphate biammonique en solution saturée, et une tension à vide de 16 V environ. La pellicule se forme en 1 ou 2 mn. Cette pellicule d'oxyde est alors rayée d'un quadrillage, et le film composite,

---

(*) Séance du 1er décembre 1952.

([1]) H. Mahl, *Metallwirtschaft*, 19, 1940, p. 488.

([2]) J. Hunger et R. Seeliger, *Metallforsch*, 2, 1947, p. 65.

([3]) *J. Appl. Phys.*, 21, 1950, p. 435-436.

aluminium et oxyde d'aluminium, est libéré du Cello-Tape par immersion dans l'eau, ou, dans certains cas, dans l'acide nitrique à 50 %, puis

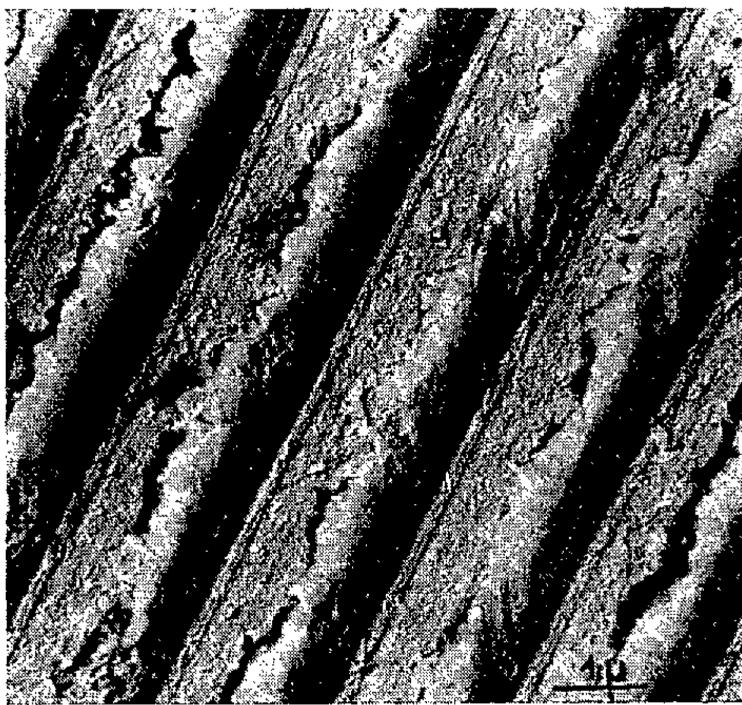


Fig. 1.



Fig. 2.

Fig. 1. — Réseau original de Rowland tracé sur métal.
Fig. 2. — Face p de calcite corrodée par l'acide chlorhydrique.

porté dans une solution saturée de bichlorure de mercure. L'aluminium est dissous, et, au bout de quelques minutes, les carrés de la réplique d'aluminium viennent flotter à la surface du bain. On les recueille avec un

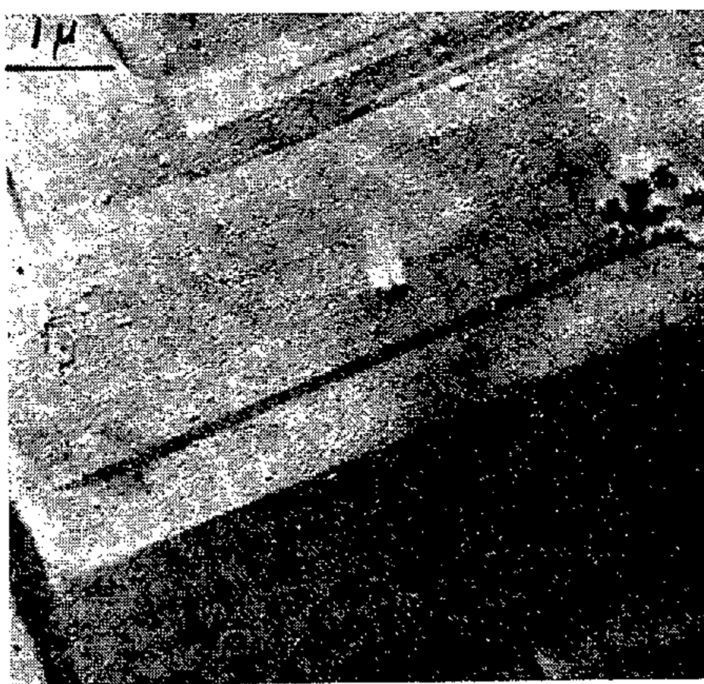


Fig. 3.

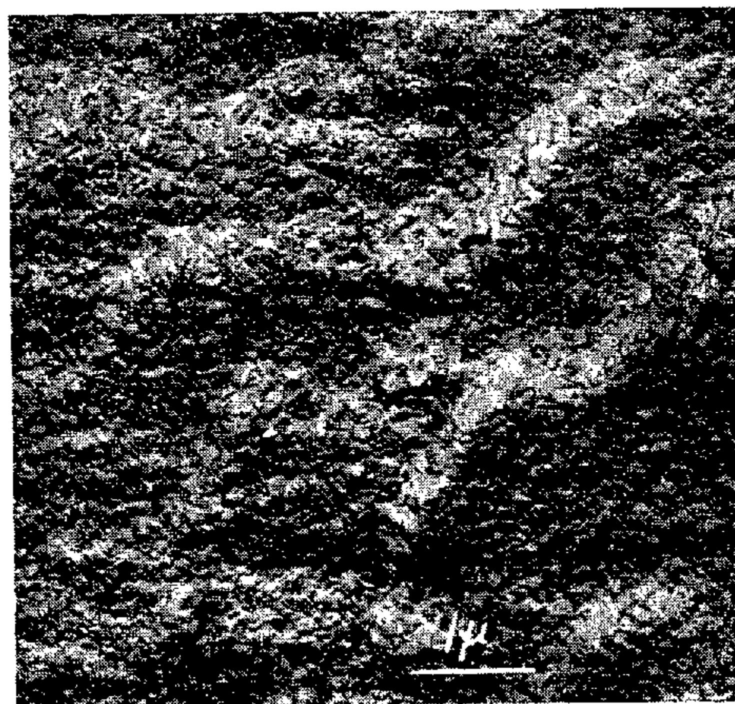


Fig. 4.

Fig. 3. — Cuivre électrolytique attaqué par pulvérisation cathodique.
Fig. 4. — Cuivre électrolytique; attaque brutale par l'acide nitrique.

agitateur en verre, on les lave dans l'eau, l'acide chlorhydrique dilué, puis à nouveau dans l'eau. Il suffit alors de les déposer sur une grille support : après un séjour de quelques instants dans un dessiccateur, ils peuvent être

examinés au microscope électronique. S'il y a lieu, les contrastes seront augmentés par un ombrage suivant la méthode ordinaire.

Notons enfin que, si la surface de l'échantillon est une surface polie, une glace de verre par exemple, les pellicules obtenues peuvent avantageusement être utilisées comme supports d'objets très résistants et sans structure propre à la place des pellicules de collodion.

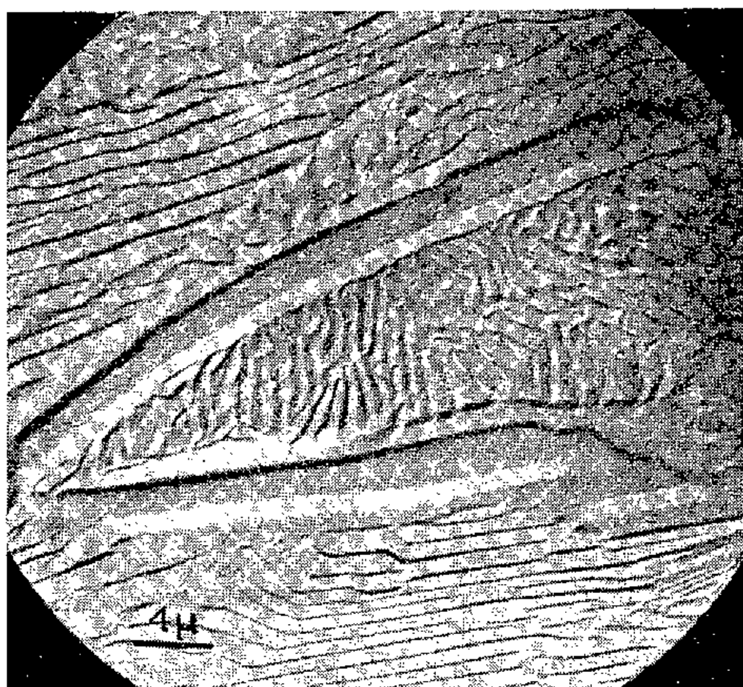




Fig. 5. Fig. 6.

Fig. 5. — Fonte blanche; attaque par pulvérisation cathodique.
Fig. 6. — Fonte blanche; empreinte observée avec un grossissement élevé.

Les figures 1 à 6 représentent les photographies de quelques empreintes prises par cette méthode (toutes les empreintes ont été ombrées, sous 20° environ à l'alliage Au-Pd).

OPTIQUE. — *Lampe à cathode creuse alimentée en impulsions; obtention de raies d'étincelle.* Note (*) de MM. **Jean Roig** et **Maurice Bécart**, présentée par M. Jean Cabannes.

La lampe est montée directement sur les bornes du condensateur de filtrage du poste d'alimentation, sans résistance additive; il se produit un régime de relaxations; la nature du spectre dépend de la valeur d'une self placée en série avec la lampe.

1. Dans des Notes antérieures ([1]) nous avons donné les caractéristiques de fonctionnement d'une lampe Schüler, à cathode creuse, à refroidissement par eau. La lampe, en série avec une résistance de 10 000 Ω environ, est alimentée

(*) Séance du 10 décembre 1952.

([1]) *Comptes rendus*, 234, 1952, p. 1262 et 1606.

par un montage redresseur à deux alternances, qui charge un condensateur de filtrage C de 2 μF. On observe principalement des raies d'arc.

Une légère modification du montage permet d'obtenir très commodément des raies d'étincelle (*fig.* 1).

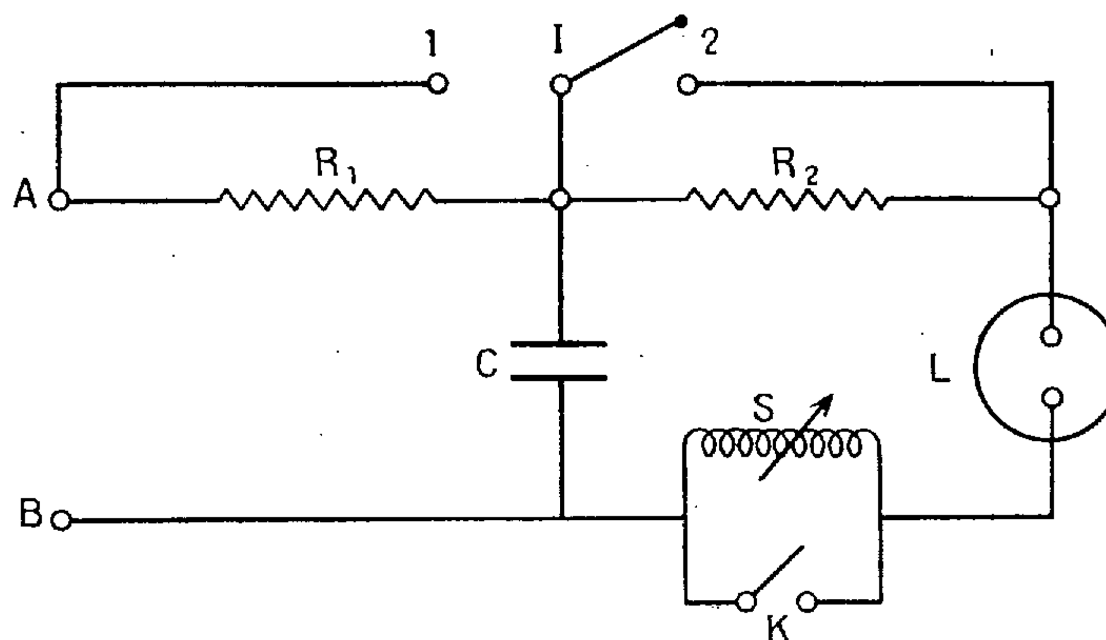


Fig. 2. — 1 : décharge continue; 5 : décharge en impulsions sans self; 2, 3 et 4 : régimes intermédiaires.

R_1 est une simple résistance de protection de 2 500 Ω; R_2 une résistance de 8 000 Ω; S une self variable formée de 130 spires de 4,5 cm de diamètre enroulées sur 10 cm ; elle est très simplement réalisée par un rhéostat à curseur de faible résistance.

Quand l'inverseur I est sur la position 1, on a le fonctionnement habituel et une décharge permanente. Quand I est sur la position 2, un régime de relaxations s'établit; la fréquence des décharges est d'une dizaine par seconde; la durée de chaque éclair est de l'ordre de 10^{-3}. Le potentiel moyen et le courant moyen de la lampe restent du même ordre que pour le régime continu.

2. Pour une pression de l'ordre du millimètre de mercure, le régime d'impulsions concentre encore la décharge au centre de la cathode qui subit un bombardement ionique intense.

Ce fonctionnement s'obtient très facilement en atmosphère d'air ou d'hélium ; il ne se maintient que quelques instants dans l'argon; on peut, pour une lampe à argon, en diminuant la tension, faire tendre très progressivement le courant vers zéro sans décrochage; la suppression de R_2 donne alors un régime permanent, sans relaxations. Nous avons cependant obtenu les relaxations pour l'argon en mettant en série avec la lampe un tube rempli d'air à base pression, pratiquement le tube témoin de notre installation à vide. Le tube à air commande les relaxations ; le condensateur se charge à un potentiel plus élevé et restitue à chaque décharge une quantité d'électricité plus forte; on obtient une excitation plus énergique.

3. L'aspect de la décharge est entièrement conditionné par le réglage de la self S. En atmosphère d'air la lumière négative passe du rose au bleu quand

S est court-circuitée par le jeu de l'interrupteur K. La figure 2 montre une série de spectres posés pendant le même temps; la cathode d'aluminium est chargée de titane, renfermant un peu d'oxyde, et travaille en atmosphère d'argon; le circuit de purification du gaz n'a pas été mis en route. Le spectre de référence est celui d'une lampe à mercure. Le spectre 1 correspond au régime continu; tous les autres sont obtenus en impulsions.

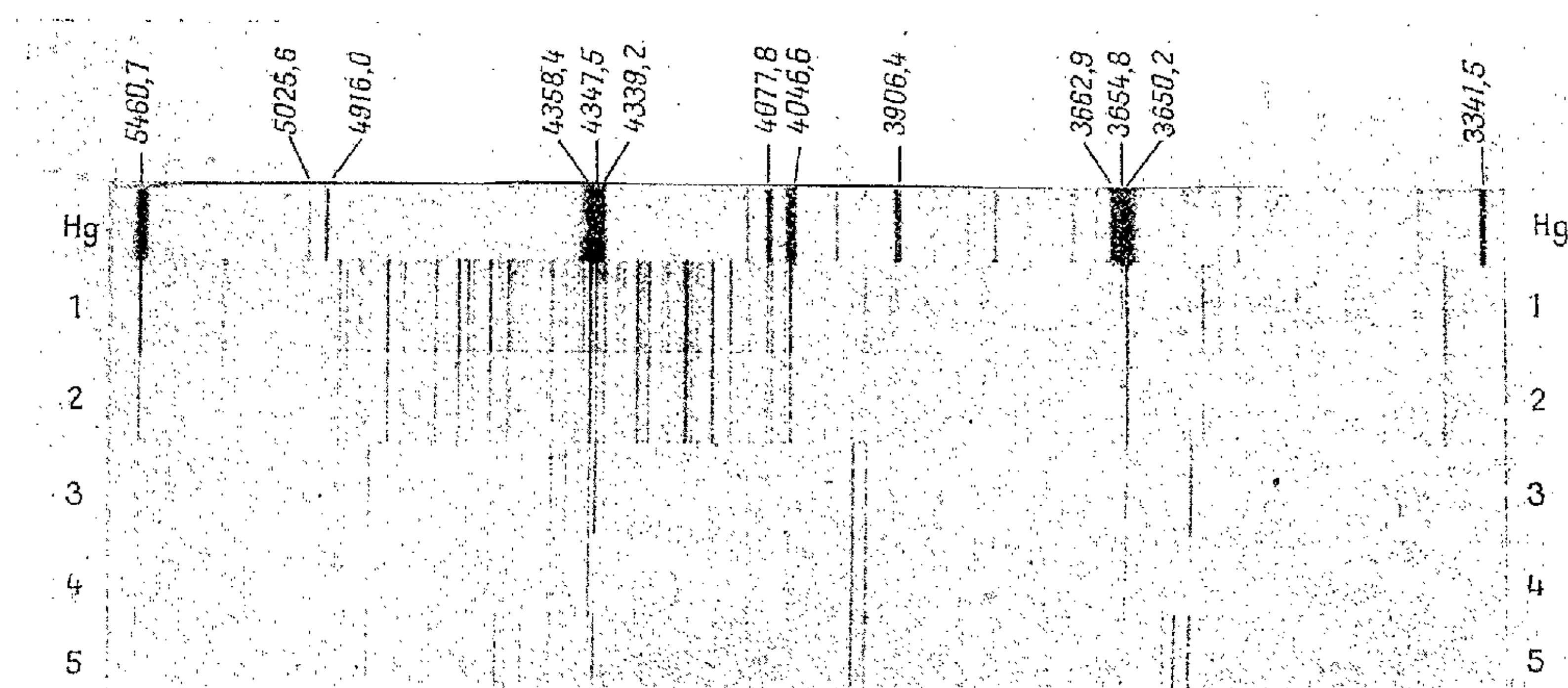


Fig. 2.

Le spectre 2, pratiquement identique à 1, est donné par δ maximum, 3 correspond à $\delta/2$, 4 à $\delta/4$, 5 à δ nul.

1° On constate la disparition progressive du fonds continu et des bandes.

2° Simultanément on observe l'apparition progressive des raies d'étincelle. Ces résultats sont à rapprocher de ceux signalés par M. Brucelle pour des sources d'un type différent (²).

Le montage permet donc l'obtention facile de raies d'étincelle dans la cathode creuse en conservant la décharge rassemblée dans le trou cathodique; on peut ainsi étudier de faibles quantités de matière. Les inconvénients d'un éclateur dans l'air sont évités. L'importance relative des raies d'arc et d'étincelle est réglable. Nous nous proposons d'examiner si le régime d'impulsions ne donne pas d'effet Stark, ce qui limiterait l'emploi de la lampe pour l'étude des structures hyperfines.

OPTIQUE. — *Méthode directe de mesure des caractéristiques d'un système interférentiel de Fabry-Perot.* Note de M. **Pierre Giacomo**, présentée par M. Jean Cabannes.

Dans une Note récente (¹) MM. J. Roig et E. Collet ont décrit une méthode

(²) *XIe Congrès G. A. M. S.*, Paris, 1949, p. 29.

(¹) *Comptes rendus*, 234, 1952, p. 2179.

de mesure des pouvoirs réflecteurs voisins de l'unité. Cette méthode est probablement la mieux adaptée à la mesure des pouvoirs réflecteurs élevés et nous utilisons une méthode fondée sur le même principe pour l'étude des couches semi-transparentes de l'interféromètre Fabry-Perot.

L'obtention de luminosités élevées grâce aux couches multiples réfléchissantes du type « haut indice - bas indice » rendait en effet nécessaire une méthode de mesure rapide et *directe* des caractéristiques liées aux qualités des couches d'un ensemble de deux lames de Fabry-Perot.

Ces caractéristiques sont ([2]), pour deux lames de pouvoirs réflecteurs R_1 et R_2 et de transmission T_1 et T_2, en posant $T = \sqrt{T_1 T_2}$ et $R = \sqrt{R_1 R_2}$:

la transparence au sommet d'un anneau :

$$\mathcal{T} = \left(\frac{T}{1 - R}\right)^2;$$

la finesse relative des anneaux :

$$\mathcal{F} = \frac{\pi\sqrt{R}}{1 - R} \simeq \frac{3}{1 - R};$$

le contraste :

$$\mathcal{C} = \left(\frac{1 + R}{1 - R}\right)^2 \simeq \frac{4}{(1 - R)^2}.$$

Pour obtenir une grande finesse et un grand contraste on doit prendre R très voisin de l'unité; les mesures directes de R ne donnent plus alors une précision suffisante sur les quantités précédentes qui font intervenir $1 - R$.

Or il est une grandeur fonction de $1 - R$ très facile à mesurer directement; c'est la « transparence moyenne » τ de l'étalon dans le cas d'une raie spectrale, de longueur d'onde λ, de largeur $\Delta\lambda$ assez grande pour couvrir plusieurs ordres successifs (soit e l'écartement des lames, on doit avoir $2e\Delta\lambda \gg \lambda^2$). Faisant, dans ce cas, la somme des intensités des rayons réfléchis successifs (au lieu des amplitudes) on obtient

$$\tau = \frac{T^2}{1 - R^2} = \frac{T^2}{(1 - R)(1 + R)} \simeq \frac{T^2}{2(1 - R)}.$$

On dispose d'un système photométrique à cellule permettant d'interposer les lames, ensemble ou séparément; K étant la réponse de la cellule en l'absence de lames, on fait les mesures :

$$a = K, \qquad b = KT_1, \qquad c = KT_2, \qquad d = K\tau,$$

ce qui donne

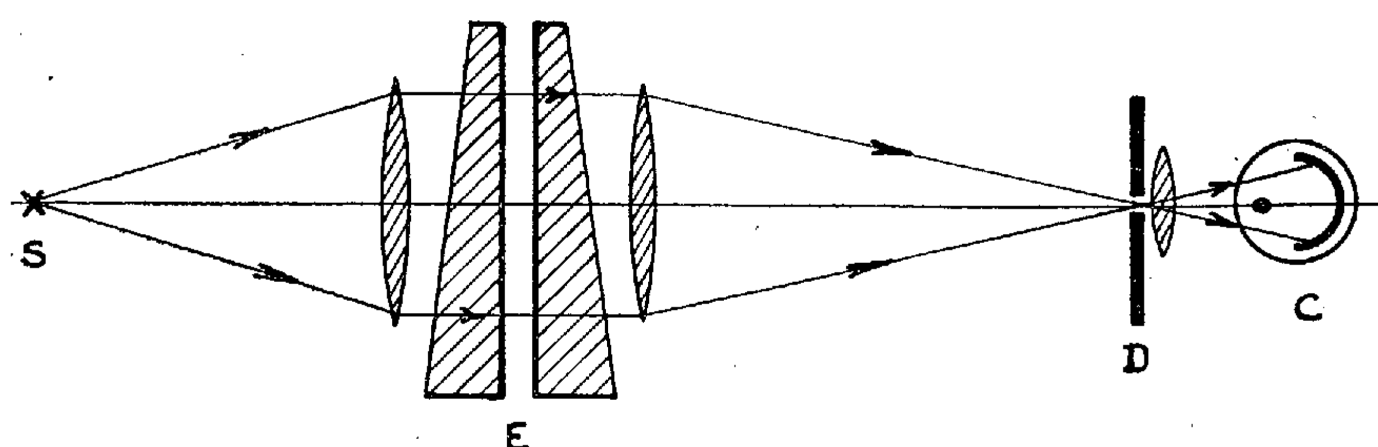
$$\mathcal{T} \simeq 4\frac{d^2}{bc}, \qquad \mathcal{F} \simeq 6\frac{da}{bc}, \qquad \mathcal{C} \simeq 16\frac{d^2 a^2}{b^2 c^2}.$$

([2]) P. Jacquinot et Ch. Dufour, *J. Phys. Rad.*, 11, n° 7, juillet 1950, p. 427.

Pour les couches couramment utilisées, d/b et d/c sont de l'ordre de 0,3; la mesure de $\mathcal{T}$ est donc facilement précise; par contre les mesures de $\mathcal{F}$ et $\mathcal{C}$, faisant intervenir c/a ou b/a qui sont de l'ordre de 0,05, sont plus délicates.

Le montage est le suivant :

En raison de la sélectivité des couches, la lumière doit être grossièrement monochromatique (par exemple, lampe philora + filtre). Le diaphragme D, réglable, élimine les images parasites données par les faces externes de l'étalon. La cellule C est conjuguée de l'étalon E pour qu'on puisse introduire



les lames (prismatiques) sans modifier la région éclairée sur la cellule. Un réglage suffisant du parallélisme est obtenu à l'aide de deux vis. Pour un calcul précis, il y a lieu de tenir compte des traversées des faces externes, qui multiplient b et c par 0,96 et d par $(0,96)^2$, et éventuellement de l'absorption du verre.

Notons qu'on obtient ainsi les caractéristiques maxima qu'aurait l'étalon considéré avec des surfaces parfaitement planes et parallèles. La comparaison de ces caractéristiques avec celles qu'on obtient avec l'interféromètre permet de faire la part des défauts des surfaces et du réglage.

La méthode, appliquée à des couches multiples « cryolithe $\lambda/4$-sulfure de zinc $\lambda/4$ » préparées suivant une méthode décrite par ailleurs (³) donne les résultats suivants (pour $\lambda = 5460$ Å).

	$\mathcal{T}$.	$\mathcal{F}$.	$\mathcal{C}$.	R.	R_{th}.	$\mathcal{F}_{th}$.	$\mathcal{C}_{th}$.
5 couches............	0,93	22	180	86,5	87,5	23,5	225
7 »	0,85	54	1 200	94,5	95,5	68	1 900
9 »	0,49	105	4 300	97	98,3	183	13 600

On a donné, à titre indicatif, les valeurs de R déduites de $\mathcal{F}$; R_{th}, $\mathcal{F}_{th}$ et $\mathcal{C}_{th}$ ont été calculés en admettant les indices 1,52 pour le verre, 1,35 pour la cryolithe, 2,3 pour le sulfure de zinc ZnS, en couches rigoureusement $\lambda/4$, et en supposant une absorption nulle, ce qui donnerait $\mathcal{T}_{th} = 1$.

(³) P. Giacomo et P. Jacquinot, *ibid.*, 13, n° 2, 1952, p. 59 A.

OPTIQUE. — *Sur le choix des mesures à effectuer pour déterminer simultanément les constantes optiques et l'épaisseur des lames minces absorbantes.* Note de M. **Damien Malé**, présentée par M. Jean Cabannes.

Le problème de la détermination des constantes optiques des corps absorbants en lame mince a été jusqu'ici le plus souvent abordé par une méthode photométrique. La lame mince du corps étudié étant déposée sur une lame prismatique de verre, on mesure, en incidence normale, ses facteurs de réflexion dans l'air R et dans le verre R′ ainsi que son facteur de transmission T. Connaissant l'épaisseur, déterminée le plus souvent par pesée, on en déduit l'indice de réfraction ν et l'indice d'extinction $\varkappa$ de la lame.

J'ai montré récemment (1) qu'il était possible, à partir de ces mesures de R, R′ et T de déterminer *simultanément* les constantes optiques et l'épaisseur. Comme il est possible aussi de mesurer les changements de phase à la réflexion normale dans l'air et dans le verre ainsi que le changement de phase à la transmission, on peut évidemment remplacer R, R′ ou T par l'un des changements de phase ci-dessus. On a ainsi des vérifications possibles et l'on peut contrôler la validité des hypothèses servant de base à la théorie des lames minces (lame homogène et isotrope, limitée par deux surfaces planes et parallèles).

Toutefois il est des cas où, pour la détermination des constantes optiques et de l'épaisseur par cette méthode, un choix entre ces diverses grandeurs s'avère nécessaire, parce que des relations approchées apparaissent entre elles, ce qui les rend dépendantes les unes des autres. En particulier, lorsque les lames ont une très faible épaisseur, H. Wolter (2) a établi qu'il existe une relation approchée entre R, R′ et T. Si l'on désigne par $A = 1 - T - R$ le facteur d'absorption de la lame mince lorsque la lumière vient du côté air et par $A' = 1 - T - R'$ le facteur d'absorption lorsque la lumière vient du côté verre, cette relation est $nA = A'$, n étant l'indice de réfraction du verre.

H. Wolter admet qu'au degré de précision des mesures, cette relation est satisfaite lorsque $d/\lambda < 0{,}027$; d représentant l'épaisseur de la lame et λ la longueur d'onde dans le vide de la radiation utilisée.

Pour déterminer le degré d'approximation de cette relation, j'ai tracé les courbes donnant, pour différentes valeurs des indices, les variations, avec l'épaisseur de la lame, du facteur d'absorption A′ et du produit nA. Si l'on admet que, par suite des erreurs expérimentales, les mesures de R, R′ et T sont faites avec une erreur absolue de l'ordre de 0,005, on obtient pour les épaisseurs limites au-dessous desquelles la relation de Wolter est pratiquement vérifiée, les valeurs données par le tableau suivant. (Les épaisseurs limites sont

(1) D. Malé, *Comptes rendus*, 230, 1950, p. 1349.
(2) *Z. Phys.*, 105, 1937, p. 269.

exprimées en fractions de la longueur d'onde dans le vide de la radiation utilisée).

ν / $\varkappa$	0,2.	0,5.	1.	2.	4.
0,5	0,062	0,050	0,047	0,037	0,015
1	0,062	0,037	0,041	0,037	0,031
2	0,047	0,025	0,029	0,031	0,023
4	∞	0,088	0,037	0,034	0,027

On constate qu'effectivement la relation de Wolter est toujours vérifiée pour les épaisseurs telles que $d/\lambda < 0{,}027$. Mais, de plus, la relation de Wolter peut très bien être aussi vérifiée pour des épaisseurs beaucoup plus grandes. En particulier, pour $\nu = 0{,}2$ et $\varkappa = 4$ (constantes optiques voisines de celles de l'argent pour les radiations du spectre visible) la relation est toujours vérifiée quelle que soit l'épaisseur. En effet, les facteurs de réflexion d'une lame suffisamment épaisse pour être opaque sont

$$R = \frac{(1-\nu)^2+\varkappa^2}{(1+\nu)^2+\varkappa^2}, \qquad R' = \frac{(n-\nu)^2+\varkappa^2}{(n+\nu)^2+\varkappa^2},$$

d'où l'on déduit

$$\frac{A'}{nA} = \frac{(1-\nu)^2+\varkappa^2}{(n+\nu)^2+\varkappa^2};$$

ce rapport tend vers un lorsque $\varkappa$ augmente indéfiniment ou lorsque ν tend vers zéro. Par exemple, en prenant $n = 1{,}5$, $\nu = 0{,}2$ et $\varkappa = 4$, on obtient

$$R = 0{,}955, \quad R' = 0{,}937, \quad A' = 0{,}062, \quad nA = 0{,}067, \quad nA - A' = 0{,}005,$$

la relation de Wolter est donc pratiquement toujours vérifiée dans ce cas. Des mesures faites sur des lames d'argent confirment cette conclusion.

D'une manière plus générale la relation de Wolter est d'autant mieux vérifiée que le coefficient d'absorption $k = \varkappa/\nu$ est plus grand, c'est-à-dire pour les métaux à faible indice de réfraction et à fort indice d'extinction. Nous l'avons observé, en particulier, pour l'argent et les radiations du spectre visible; et avec une approximation plus faible pour l'or et les longueurs d'onde supérieures à 5000 Å. Dans ces cas, pour déterminer simultanément les indices et l'épaisseur d'une lame, il faut utiliser une mesure de changement de phase.

Tout récemment H. Schopper (³) a mis au point une méthode intéressante utilisant à la fois six mesures : trois mesures d'intensité et trois mesures de changement de phase. La question du choix ne se pose alors plus. La méthode que j'ai exposée (¹) permet d'arriver au même résultat avec trois mesures seulement, mais il faut convenablement choisir ces mesures, comme nous venons de le montrer.

(³) *Z. Phys.*, **131**, 1952, p. 215.

OPTIQUE. — *Comparaison des énergies lumineuses présentes sur les deux faces, à l'intérieur d'une lame éclairée, sous l'incidence normale par un faisceau parallèle.* Note de M. **Pierre Tauzin**, présentée par M. Eugène Darmois.

On calcule les énergies présentes sur les deux faces, à l'intérieur d'une lame absorbante à faces parallèles, éclairée, sous l'incidence normale, par un faisceau parallèle. On a tenu compte des réflexions multiples qui se produisent dans la lame. On montre que, si le coefficient d'absorption de la lame est inférieur à une certaine limite, il y a un excès d'énergie sur la face de sortie

Soit, dans l'air, une lame matérielle absorbante, d'épaisseur quelconque, à faces parallèles, (coefficient d'absorption $k=4\pi\varkappa/\lambda$, épaisseur l, facteur de réflexion k'^2, déphasage à la réflexion matière-air φ') éclairée par un faisceau lumineux parallèle, sous l'incidence normale. Posons $4\pi l/\lambda=\varphi$ et $e^{-kl}k'=k_1$. Pour compléter une Note précédente [1], proposons-nous de calculer l'énergie présente à l'intérieur de la lame, sur ses deux faces, en tenant compte des réflexions multiples intérieures à la lame.

A l'entrée, dans la lame, le faisceau apporte l'amplitude A dont la phase est prise pour origine; l'amplitude A se propage jusqu'à la deuxième face, s'y réfléchit et revient sur la première face pour donner l'amplitude $\mathrm{A}e^{-kl}k'=k_1\mathrm{A}$, avec l'augmentation de phase $\varphi+\varphi'$; là, $k_1\mathrm{A}$ se réfléchit pour donner l'amplitude $k_1k'\mathrm{A}$ avec une nouvelle augmentation de phase φ'; il y a propagation de cette amplitude vers la deuxième face, réflexion et ainsi de suite.

Finalement, on doit composer, sur la face d'entrée les vibrations suivantes :

Amplitude..............	A	$k_1\mathrm{A}$	$k_1k'\mathrm{A}$	$k_1^2k'\mathrm{A}$	$k_1^2k'^2\mathrm{A}$	...
Phase..................	o	$\varphi+\varphi'$	$\varphi+2\varphi'$	$2\varphi+3\varphi'$	$2\varphi+4\varphi'$	...

Composons ces vibrations comme des vecteurs représentant des nombres complexes; nous calculerons ensuite le module de la résultante. Les termes de rang 1, 3, 5, etc., forment une progression géométrique convergente de raison $k_1k'e^{i(\varphi+2\varphi')}$; il en est de même des termes de rang 2, 4, 6, etc. En tenant compte de cette remarque, le nombre complexe Z_1, somme de tous les nombres complexes du tableau précédent est

$$\mathrm{Z}_1=\mathrm{A}\,\frac{1+k_1e^{i(\varphi+\varphi')}}{1-k_1k'e^{i(\varphi+2\varphi')}}.$$

On calcule de même le nombre Z_2 qui correspond à la face de sortie

$$\mathrm{Z}_2=\mathrm{A}\,e^{-\frac{kl}{2}}\,\frac{1+k'e^{i\varphi'}}{1-k_1k'e^{i(\varphi+2\varphi')}}.$$

Les énergies que l'on cherche sont représentées par les carrés des modules

[1] *Comptes rendus*, 235, 1952, p. 1119.

de Z_1 et Z_2. Les dénominateurs de Z_1 et Z_2 étant les mêmes, il suffit de comparer les modules des numérateurs. Pour qu'il y ait davantage d'énergie sur la face de sortie, on doit donc avoir

$$(1)\qquad A^2 e^{-kl}[1 + k'^2 + 2k'\cos\varphi'] > A^2\left[1 + k_1^2 + 2k_1\cos\left(\varphi' + 4\pi\frac{l}{\lambda}\right)\right],$$

qui s'écrit encore

$$(2)\qquad k'\left[\cos\varphi' - \cos\left(\varphi' + 4\pi\frac{l}{\lambda}\right)\right] > \frac{1}{2}(e^{kl} - 1)(1 - k'^2 e^{-kl}).$$

Étudions les trois cas a, b, c suivants :

a. Lame transparente : *$k = 0$, c'est-à-dire $k_1 = k'$, et $\varphi' = 0$.* — L'inégalité (1) devient

$$1 + k'^2 + 2k' > 1 + k'^2 + 2k'\cos 4\pi\frac{l}{\lambda}.$$

Elle est toujours vérifiée, sauf dans le cas particulier $l = k\lambda/2$.

Dans une lame transparente d'épaisseur quelconque, éclairée par un faisceau parallèle de lumière naturelle dont la direction est perpendiculaire aux faces de la lame, il y a donc toujours un excès d'énergie sur la face de sortie, mais aucun échauffement de la lame ; il n'y a pas de photophorèse.

b. Lame pas trop absorbante. — Donnons-nous une valeur de l quelconque et faisons croître k depuis 0. D'après le paragraphe a, l'inégalité 2 est vérifiée pour $k = 0$; par continuité, elle l'est encore pour des valeurs de k comprises entre 0 et une valeur limite k_l fonction de l et solution de l'équation obtenue en remplaçant l'inégalité 2 par l'égalité correspondante (k' et φ' sont des fonctions continues de k). Dans ces lames ($k < k_l$), l'énergie lumineuse présente sur la face de sortie est supérieure à ce qu'elle est sur la face d'entrée. Ceci implique que l'énergie absorbée est plus grande sur la face de sortie, qui doit être la plus chaude (cas de la photophorèse négative). Toujours pour la même valeur de l, le phénomène s'inverse si $k > k_l$ (cas de la photophorèse positive).

Ces circonstances, associées à l'existence de chocs moléculaires intenses sur la face la plus chaude, rendent compte des phénomènes de photophorèse observés sur les particules des substances pas trop absorbantes en suspension dans l'air.

c. Lame fortement absorbante. — Nous avions admis précédemment [1] que la théorie du paragraphe b s'appliquait aux lames minces métalliques. Ce serait inexact si l'on adoptait pour ces lames les constantes du métal massif. Prenons en effet l'argent et la raie D ($\varphi' = -37\pi/180$, $\varkappa = 3,67$, $k'^2 = 0,95$), et considérons l'inégalité 2. Le premier membre est négatif lorsque l croît de 0 à $\lambda/10$, alors que le deuxième, toujours positif est croissant avec l, a déjà pour $l = (\lambda/10)$ la valeur 49,5. L'inégalité 2 n'est jamais vérifiée. Mais les récents travaux sur les lames métalliques minces ont montré que lorsque

l'épaisseur diminue, les constantes optiques de ces lames varient et se rapprochent de plus en plus de celles des corps transparents. La théorie du paragraphe *b* doit donc pouvoir expliquer la photophorèse négative que présentent les très fines particules des métaux; les particules plus grosses sont photopositives.

SPECTROSCOPIE. — *Nouvelles mesures des intervalles spectraux qui séparent les composantes hyperfines de la raie du mercure* λ 2537. Note de MM. **Robert Lennuier** et **Jean-Louis Cojan**, présentée par M. Jean Cabannes.

Une étude interférométrique de la réflexion sélective sur la vapeur de mercure ([1]) nous a donné de nombreux clichés et enregistrements de la structure hyperfine de la raie de résonance λ 2537. L'appareil interférentiel est un étalon de Fabry et Perot à glaces de quartz recouvertes d'aluminium par évaporation dans le vide; les épaisseurs utilisées ont été 4 et 5 mm (on est limité par l'étendue du domaine spectral qu'occupe la raie, soit environ 50 mÅ). Le récepteur est soit la plaque photographique, au foyer d'un objectif de quartz de 141 cm de distance focale, soit une cellule multiplicatrice d'électrons (RCA, 1 P 28); dans ce dernier cas l'étalon fonctionne comme un monochromateur de haute résolution (environ 500 000) suivant une méthode décrite et réalisée dans le domaine visible par P. Jacquinot et Ch. Dufour ([2]) : le rayonnement reçu par la cellule est celui que laisse passer une petite ouverture circulaire exactement centrée sur le système des anneaux, dans le plan focal de l'objectif; l'étalon est placé sous une cloche dans laquelle on peut faire un vide progressif, faisant ainsi varier corrélativement la longueur d'onde du rayonnement reçu par la cellule.

La source est un arc Gallois à basse pression, énergiquement refroidi par un jet d'air comprimé; la raie λ 2537 qu'elle émet présente une structure hyperfine parfaitement nette, les composantes ayant une largeur qui est de l'ordre de la largeur Doppler à la température ordinaire ([3]). Des précautions très sévères doivent être prises pour éviter la présence de traces de vapeur de mercure dans l'atmosphère du laboratoire : l'absorption que produisent celles-ci, même si elle est très faible, déforme la structure hyperfine parce qu'elle croît rapidement lorsqu'on passe de la composante de plus courte longueur d'onde à la composante de plus grande longueur d'onde (ce phénomène s'explique par l'effet Lorentz dû à l'azote et à l'oxygène).

La détermination des positions des centres de gravité des composantes

([1]) Les résultats de cette étude feront l'objet d'une prochaine publication.

([2]) *Journal de recherches du C. N. R. S.*, n° 6, 1948, p. 101.

([3]) J. L. Cojan et R. Lennuier, *Comptes rendus*, 228, 1949, p. 670.

hyperfines a été faite sur le spectre *d'émission* de la source d'une part, sur le spectre *d'absorption* fourni par une cellule de 5 cm d'épaisseur remplie uniquement de vapeur de mercure à la pression de $1,85.10^{-4}$ mm Hg, d'autre part.

Résultats. — Désignant par les notations habituelles ([4]) les contributions des divers isotopes à chacune des cinq composantes séparées de la raie et prenant pour origine la position de la composante de l'isotope 200, on obtient, dans l'ordre des λ croissants, les intervalles suivants exprimés en milliangtröms (10^{-3} Å) :

I.	II.	III.	IV.	V.
(B, *c*)	(X 198, *b*)	(X 200)	(X 202)	(X 204, A, *a*)
—24,80	—9,80	0	11,50	22,25

L'incertitude sur ces valeurs est probablement inférieure à ± 0,05 mÅ. Ces distances entre composantes hyperfines sont *les mêmes* dans le spectre d'émission de la source et dans le spectre d'absorption de la vapeur pure. Mais les centres des composantes observées en émission sont décalées du côté des grands λ de 0,15 à 0,20 mÅ par rapport aux centres correspondants du spectre d'absorption. Ce déplacement est attribuable à l'effet Lorentz dû à la présence d'argon, sous une pression de 16 mm environ, dans la source (ce gaz est destiné à l'amorçage de l'arc). La grandeur de ce déplacement est celle que l'on doit attendre d'une extrapolation vers les basses pressions de la loi établie pour les fortes pressions de gaz étranger ([5]) (8,0 mÅ par atmosphère pour l'argon).

Discussion des résultats. — Les intervalles généralement admis ([4]) depuis le mémoire de Shüler et Keyston ([6]) sont :

I.	II.	III.	IV.	V.
	—10,35 —8,50			
—25,4	—9,75	0	11,5	21,5

Nos propres mesures attribuent des positions nettement différentes aux deux composantes extrêmes. Mais Shüler et Keyston n'ont pas observé directement la structure hyperfine de la raie λ 2537 : ils ont déterminé, à partir de raies du domaine visible, les intervalles de la décomposition (due au spin nucléaire) du niveau $6\,^3P_1$ des isotopes 199 et 201, mais n'ont pas pu contrôler les positions des centres de gravité des cinq composantes hyperfines de

([4]) A. MITCHELL et M. ZEMANSKY, *Resonance Radiation and excited Atoms*, Cambridge, 1934, p. 38.

([5]) C. FÜCHTBAUER, G. JOOS et O. DINKELACKER, *Ann der Phys.*, 71, 1923, p. 224.

([6]) *Z. Phys.*, 72, 1931, p. 423.

l'ensemble de la raie indiquées par les anciennes mesures [7], effectuées avec une lame de Lummer dont l'épaisseur (4,24 mm) était un peu trop grande (chevauchement des ailes des composantes extrêmes de deux ordres voisins).

Si l'on admet, avec les intensités respectives classiques [4] :

a. les positions des centres de gravité fournies par nos mesures;

b. la loi de régularité des déplacements isotopiques des isotopes pairs établie récemment par K. Murakawa et S. Suwa [8];

c. les décompositions par effet de spin nucléaire données par Shüler et Keyston pour les isotopes impairs, on aboutit à la structure ci-dessous pour la raie λ 2537 (distance à X 200 en mÅ) :

I.		II.		III.	IV.	V.		
−24,80		−9,80		0	11,50	22,25		
–	–	(X 198)	–	(X 200)	(X 202)	–	–	(X 204)
–	–	−10,20	–	0	11,50	–	–	23,10
(*c* 201)	–	–	(*b* 201)	–	–	(*a* 201)	–	–
−25,70	–	–	−8,95	–	–	21,15	–	–
–	(B 199)	–	–	–	–	–	(A 199)	–
–	−24,60	–	–	–	–	–	22,40	–

SPECTROSCOPIE. — *Contribution à l'étude du spectre de vibration de l'oxyde azoteux.* Note de Mme **Marie-Louise Grenier-Besson**, MM. **Gilbert Amat** et **Pierre Barchewitz**, présentée par M. Jean Cabannes.

L'absorption infrarouge de l'oxyde azoteux (N_2O) a été étudiée entre 1,5 μ et 2,5 μ au moyen d'un spectrographe à réseau-échelette (15 000 traits/25,4 mm) et à cellule au sulfure de plomb évaporé non refroidie. En utilisant une cuve d'absorption de 150 cm contenant le gaz sous la pression atmosphérique, nous avons observé outre les deux bandes parallèles intenses signalées par E. K. Plyler et E. F. Barker [1] à 4734,7 et 4419,5 cm^{-1}, sept bandes parallèles et deux bandes perpendiculaires dont l'interprétation et les caractéristiques sont rassemblées dans le tableau ci-après.

Les longueurs d'onde et les fréquences observées, exprimées respectivement en microns et en cm^{-1} et rapportées au vide sont inscrites dans la troisième et la quatrième colonne. La précision est supérieure ou égale à 1 cm^{-1}. Les fréquences inscrites dans les deux dernières colonnes ont été calculées en utilisant pour les niveaux d'énergie de la molécule N_2O la formule

$$G_0(v_1, v_2, v_3) = \omega_1^0 v_1 + \omega_2^0 v_2 + \omega_3^0 v_3 + x_{11} v_1^2 + x_{22} v_2^2 + x_{33} v_3^2 + x_{12} v_1 v_2 + x_{13} v_1 v_3 + x_{23} v_2 v_3 + g_{22} l_2^2.$$

(7) R. W. Wood, *Phil. Mag.*, 50, 1925, p. 761; M. Nair et A. Ellett, *Proc. Nat. Acad.*, 13, 1927, p. 430, A. Ellett et M. Nair, *Phys. Rev.*, 31, 1928, p. 180 et 986.

(8) *J. of the Phys. Soc. of Japan*, 5, 1950, p. 429.

(1) E. K. Plyler et E. F. Barker, *Phys. Rev.*, 38, 1931, p. 1827.

G. et L. Herzberg (²) ont proposé, pour les constantes figurant dans cette formule, deux séries de valeurs déduites des fréquences observées dans l'infrarouge moyen et dans l'infrarouge photographique et qui conduisent respectivement aux fréquences théoriques inscrites dans la sixième et la septième colonne. Ces calculs ne tiennent pas compte du phénomène de résonance de Fermi intervenant entre les niveaux (v_1, $v_2^{l_2}$, v_3) de la forme (n, 0^0, v_3), ($n-1$, 2^0, v_3), ($n-2$, 4^0, v_3), ..., (0, $2n^0$, v_3).

Pour toutes les transitions observées, le niveau d'énergie inférieur est le niveau (0, 0^0, 0). La première colonne du tableau renferme les valeurs des nombres quantiques v_1, v_2, l_2, v_3 définissant le niveau supérieur. Celui-ci est du type Σ^+ si $l_2=0$, la transition correspondante donnant lieu à une bande parallèle. Il est du type Π si $l_2=1$, la transition correspondante donnant lieu à une bande perpendiculaire. Les évaluations d'intensités figurant dans la troisième colonne (très faible, faible, moyenne, forte, très forte) ont une signification essentiellement relative.

						ν vide obs.	ν vide calculé (cm⁻¹).	
v_1.	$v_2^{l_2}$.	v_3.	Type.	Int.	λ vide obs. (μ).	(cm⁻¹).	1.	2.
0	0^0	3	‖	f	$1,517_7$	6589	6588,0	6582,3
3	0^0	1 }	‖	f	$1,673_1$	5977	5980,5	5980,3
2	2^0	1 }	‖	tf	$1,697_1$	5892	5895,8	5886,9
1	0^0	2	‖	f	$1,769_6$	5651	5652,2	5649,1
4	0^0	0 }	‖	m	$1,957_0$	5110	5101,0	5105,0
3	2^0	0 }	‖	m	$1,989_8$	5026	5031,0	5024,2
0	1^1	2	⊥	f	$2,008_4$	4979	4983,4	4980,5
2	0^0	1 }	‖	TF	2,1121	4734,7	–	–
1	2^0	1 }	‖	F	$2,158_7$	4632	4633,9	4631,6
0	0^0	2	‖	TF	2,2627	4419,5	–	–
1	1^1	1	⊥	m	$2,461_1$	4063	4063,4	4061,0

(Les niveaux réunis par une accolade sont ceux entre lesquels une résonance de Fermi est possible.)

PHYSIQUE NUCLÉAIRE. — *La dissymétrie de la fission et le modèle de la goutte.* Note de M. **Pierre Demers**, présentée par M. Jean Cabannes.

On explique la dissymétrie de la fission nucléaire par une inégalisation due aux forces capillaires dans le noyau en cours de séparation.

Bohr et Wheeler (¹), dans leur application du modèle de la goutte à la fission, supposaient la fission symétrique. Cependant, les courbes de ren-

(²) G. Herzberg, *Molecular Spectra and Molecular Structure*, II; p. 278; G. Herzberg et L. Herzberg, *J. Chem. Phys.*, 18, 1950, p. 1551.

(¹) *Phys. Rev.*, 56, 1939, p. 426.

dement établies par radiochimie montrent deux sommets, caractérisant une dissymétrie de A et de Z très marquée pour la fission de ^{235}U, ^{238}U, ^{239}Pu, ^{237}Np, ^{231}Pa, ^{232}Th par les neutrons lents ou d'énergie inférieure à 45 MeV. Aux grandes énergies d'excitation comme avec n 90 MeV, D 200 MeV, α 380 MeV, ces éléments et aussi Bi, Tl, Au, Ta montrent une fission symétrique. Or, si l'on considère la diminution d'énergie potentielle dans la formation de deux fragments sphériques se touchant, la fission devrait être symétrique dans tous les cas. La dissymétrie ne peut s'expliquer que par la dynamique des oscillations de la goutte.

L'analyse des défauts de masse, indépendante du modèle de la goutte, montre, selon Beck et Havas (2), Flügge (3) et Von Droste (4), cités par Turner (5), selon Wick (6) et Kingdon (7), au contraire de Dempster (8), un minimum d'énergie potentielle favorisant la fission dissymétrique.

Frankel et Metropolis (9) ont conclu que l'explication n'est pas possible dans le modèle de la goutte, au contraire de Hill (10). Deux modifications favorisent la dissymétrie : le modèle de Wigner (11), utilisé par Présent (12), Yasaki et Miyatake (13) et Jungerman (14), où la densité des protons est plus grande à la surface du noyau, et celle de Swiatecki (15) où la matière nucléaire est compressible.

Nous proposons une explication basée sur les propriétés des bulles de savon : selon Boys (16), si on les allonge, elles se séparent en deux parties inégales. En général, deux bulles de savon, deux gouttes, deux cristaux capables d'échanger leur matière, tendent à devenir inégaux, la tension superficielle accroissant la solubilité et la pression des éléments plus petits.

La condition du minimum d'énergie potentielle électrostatique favorise la symétrie des fragments naissants tant qu'ils sont proches et l'apparition d'une forme instable et d'un étranglement symétriques. Cependant, au moment de la séparation, le noyau doit être très allongé et, surtout

(2) *Comptes rendus*, **208**, 1939, p. 1084.
(3) *Naturwiss*, **27**, 1939, p. 402.
(4) *Naturwiss*, **27**, 1939, p. 198.
(5) *Rev. Mod. Phys.*, **12**, 1940, p. 1.
(6) *Phys. Rev.*, **76**, 1949, p. 181.
(7) *Phys. Rev.*, **76**, 1947, p. 136.
(8) *Phys. Rev.*, **72**, 1947, p. 431.
(9) *Phys. Rev.*, **72**, 1947, p. 914.
(10) *Phys. Rev.*, **78**, 1950, p. 330.
(11) *Voir* Feenberg, *Phys. Rev.*, **59**, 1941, p. 593.
(12) *Phys. Rev.*, **72**, 1947, p. 7.
(13) *Phys. Rev.*, **80**, 1950, p. 754.
(14) *Phys. Rev.*, **80**, 1950, p. 285.
(15) *Phys. Rev.*, **83**, 1951, p. 178.
(16) *Bulles de savon*, Trad. Guillaume, Gauthier-Villars, Paris, 1892.

si les charges positives sont disposées à ce moment de préférence en deux groupes aux extrémités de cette forme allongée, c'est la condition du minimum d'énergie de surface qui régit son évolution. A moins d'une excitation considérable, le noyau dans l'état instable possède une énergie cinétique faible en plus de l'énergie cinétique d'agitation thermique des nucléons.

Au cours de l'éloignement final des fragments naissants, nous avons donc peut-être le droit d'assimiler le système à celui de deux bulles de savon capables d'échanger leur matière, tant qu'un filet étranglé subsiste entre les extrémités grossies. Cet échange est limité par l'accélération des fragments due à la réduction de l'énergie de surface. La concurrence entre l'inégalisation par échange de nucléons et leur accélération donne une base théorique pour évaluer une courbe de rendement. On explique ainsi que l'on doive obtenir à peu près la même courbe de rendement dissymétrique pour des noyaux de masses voisines et pour toutes les excitations, sauf si celles-ci sont très fortes : alors les vitesses des fragments naissants sont très grandes et l'inégalisation n'a pas le temps de s'opérer.

On peut facilement admettre que l'échange de matière intéresse au moins un disque de matière nucléaire de rayon 6 à 8.10^{-13} cm, ce qui est une dimension raisonnable pour la section droite centrale dans le noyau au lieu de l'étranglement et d'épaisseur 10^{-13} cm, ce qui est l'incertitude sur la position d'un nucléon ayant 10 MeV d'énergie thermique, selon Blatt et Weisskopf [17], c'est-à-dire une vingtaine de nucléons. Ce nombre est très voisin de la différence entre la masse la plus probable d'un fragment et la moitié de la masse totale dans la fission dissymétrique. On explique facilement, dans cette théorie, que la charge se divise plus également que la masse, de sorte que le fragment lourd contient une proportion plus grande de neutrons.

La théorie prête à des expériences avec des bulles de savon et avec des gouttes.

RAYONS COSMIQUES. — *Effet de latitude sur l'intensité du rayonnement cosmique déterminé au moyen des émulsions nucléaires.* Note de M. **Max Morand**, Mlle **Yvette Avignon**, MM. **Lud van Rossum** et **Roger Desprez**, présentée par M. Eugène Darmois.

L'intensité totale de la composante lourde du rayonnement a été étudiée dans des conditions identiques au Kebnekaise (latitude géomagnétique 65°40′) et au Mont Ventoux (latitude géomagnétique 46°10′). On a constaté un rapport d'intensité $1,060 \pm 0,026$.

(17) *Théor. Nucl. Physics*, Wiley, New-York, 1952.

La variation de l'intensité du rayonnement cosmique avec la latitude a été étudiée au moyen des compteurs à neutrons (1) et de la chambre d'ionisation (2). Pour l'étude des étoiles (3) et des traces isolées (4) on a utilisé des plaques photographiques. Dans le cas des traces isolées, on peut étudier en plus de l'intensité, les répartitions, les énergies et la nature des particules. Des plaques Ilford G_5, d'épaisseur 400 μ ont été exposées simultanément et dans des conditions identiques au Mont Ventoux (altitude 1920 m) pendant 48,4 jours et au Kebnekaise en Suède (altitude 1920 m) pendant 44,2 jours.

Ces plaques ont été étudiées au voisinage de la surface de gélatine touchant le verre en pointant les traces dont la granulation vaut plus de 1,5 fois celle du minimum d'ionisation. On a 3374 traces pour 25 bandes de 5 cm sur 143 μ dans les plaques exposées au Mont Ventoux et 3575 pour 28 bandes identiques dans les plaques exposées au Kebnekaise. Le rapport de la densité de traces par centimètre carré et par seconde est de $1{,}060 \pm 0{,}026$. La granulation indique que l'excès en faveur du Kebnekaise porte sur des traces dont la densité de granulation est supérieure à 1,5 fois le minimum ; la différence est négligeable au-dessous de ce chiffre. Les traces sont essentiellement des traces de protons avec quelques pour-cent de mésons et une très faible partie de particules lourdes. La valeur du minimum d'ionisation obtenue sur des traces très fines réparties dans les plaques est de 20 grains sur 100 μ.

On peut étendre la méthode de Morand et Tsai-Chü (5) au calcul de l'intensité verticale absolue et de la répartition zénithale. L'intensité $J(\theta)$ pour l'angle zénithal θ est définie par le nombre d^2N de traces par unité de temps (t), par unité de surface perpendiculaire aux traces ($S \sin\beta$) et par unité d'angle solide ($\cos\beta\, d\alpha\, d\beta$), S étant la surface étudiée sur la plaque, α l'angle de la projection de la trace sur le plan du verre avec la verticale, β l'angle de la trace avec sa projection sur le plan du verre

$$J(\theta) = J(o)\cos^{\lambda}\theta = J(o)\cos^{\lambda}\alpha\cos^{\lambda}\beta = \frac{d^2N}{St\sin\beta\cos\beta\, d\alpha\, d\beta}$$

d'où

$$(1) \qquad dN = 2St\,J(o)\cos^{\lambda}\alpha\, d\alpha \int_0^{\frac{\pi}{2}} \cos^{\lambda+1}\beta \sin\beta\, d\beta,$$

$$(2) \qquad N = 2St\,J(o) \int_{-\frac{\pi}{2}}^{\frac{\pi}{2}} \cos^{\lambda}\alpha\, d\alpha \int_0^{\frac{\pi}{2}} \cos^{\lambda+1}\beta \sin\beta\, d\beta.$$

L'équation (1) nous montre que la répartition zénithale est donnée par celle

(1) J. A. Simpson, *Phys. Rev.*, **83**, 1951, p. 1175.
(2) J. A. Simpson, H. W. Baldwin et R. B. Uretz, *Phys. Rev.*, **84**, 1951, p. 332.
(3) M. Morand, C. Beets et L. Winand, *Comptes rendus*, **229**, 1949, p. 227.
(4) K. R. Dixit, *Indian J. Phys.*, **24**, 1950, p. 501.
(5) *Comptes rendus*, **234**, 1952, p. 1875.

de l'angle α. L'intensité absolue verticale J(o) est calculée au moyen de l'équation (2). La valeur de λ est $1,43 \pm 0,85$ pour le Mont Ventoux et $1,41 \pm 0,35$ pour le Kebnekaise. Ceci est sensiblement égal à la valeur $1,66 \pm 0,33$ pour les nucléons de moyenne énergie ([6]) mais inférieure à la valeur $2,56 \pm 0,28$ trouvée pour les plaques exposées à Tamanrasset ([7]) (altitude 1400 m, latitude 25°30′ N). Pour le Mont Ventoux (8,19 m d'eau), l'intensité absolue J(o) est de $(3,26 \pm 0,10).10^{-4}$ par cm²/s.stérad. (jusqu'à 230 MeV). Si l'on compare la valeur trouvée pour Tamanrasset (8,73 m d'eau) de $(1,625 \pm 0,072).10^{-4}$ à l'intensité du Mont Ventoux réduite à 1400 m (en tenant compte d'un parcours d'absorption de 160 g/cm², on trouve un effet de latitude de $30,9 \pm 4,8$ % en bon accord avec Dixit ([4]).

La première expérience de Pomerantz ([8]), confirmée par les expériences récentes, a démontré que l'intensité du rayonnement cosmique augmente avec la latitude (> 45°) en haute atmosphère. En avion, Simpson ([1]) a trouvé une augmentation d'environ 10 à 30 % pour les neutrons rapides entre 45° et 60°. Il n'y a pas de variation ([9]) pour les particules pénétrantes ayant un parcours supérieur à 10 et à 20 cm de plomb. Morand et Tsai-Chü ([7]) ont remarqué que les mésons arrivant à basse altitude nécessitent des nucléons primaires de très grande énergie et ne sont pas influencés par le champ magnétique terrestre, tandis que les secondaires des cascades nucléaires de quelques Bév seulement prolongées par les neutrons-protons peuvent arriver à basse altitude. Adams et Braddick ([10]) ont trouvé une différence de 2 % pour les neutrons entre 54°5 et 56°5 de latitude géomagnétique.

CHIMIE PHYSIQUE. — *Sur l'application du permanganate de potassium à la mise en évidence, d'une façon visible, des charges électriques engendrées pendant la diffusion.* Note de M. **José Lima-de-Faria**, présentée par M. Eugène Darmois.

Avec l'aide de $KMnO_4$ on met en évidence, d'une façon visible, les charges électriques engendrées pendant la diffusion soit par différence de mobilité des ions, soit par adsorption.

Dans la préparation du tube pour les expériences d'obtention de charges électriques à l'intérieur des solutions ([1]), nous avons rempli partiellement un tube en U, placé verticalement, avec une solution diluée

([6]) P. Bassi, C. Manduchi et P. Veronesi, *Nuovo Cimento*, 9, 1952, p. 722.
([7]) *Comptes rendus*, 235, 1952, p. 1502.
([8]) *Phys. Rev.*, 77, 1950, p. 830.
([9]) H. V. Neher, *Progress in Cosmic Ray Physics*, 1952, p. 305.
([10]) *Z. Naturforsch J.*, 6*a*, 1951, p. 592.

([1]) *Comptes rendus*, 235, 1952, p. 1297.

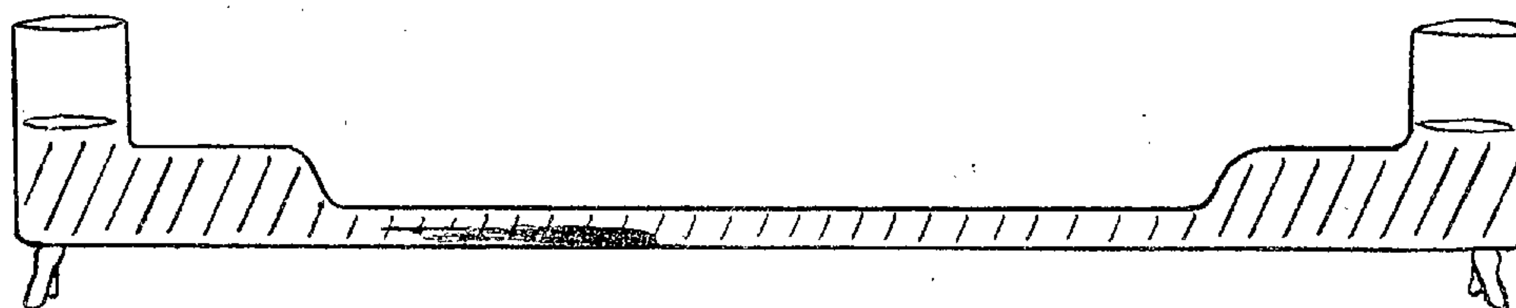
de $KMnO_4$ (3.10^{-4} M) et introduit après par le fond et très lentement, une solution concentrée de HCl. La solution concentrée de HCl pousse la solution diluée de $KMnO_4$, mais il se forme cependant une région d'interpénétration. Si l'on observe de près cette région de transition (en absence de tout champ électrique), on y voit deux zones : un disque violet foncé suivi d'une région décolorée. Nous avons pensé que ces effets de différente coloration pourraient être liés à la formation de charges électriques pendant la diffusion; les ions H^+ étant plus mobiles que les ions Cl^-, il se formerait un front de diffusion avec deux charges de signes opposés, la plus avancée étant positive (excès de H^+) et l'autre négative (excès de Cl^-). Il doit se former une atmosphère ionique macroscopique dans laquelle l'un des ions se trouve en excès et non pas une région dans laquelle il n'y aurait qu'une seule espèce d'ions. Les ions MnO_4^- seraient attirés par la charge positive plus avancée, d'où l'augmentation de la coloration violette; dans la région voisine négative, il s'accumulerait des ions K^+, donc décoloration.

Si l'on répète cette expérience en substituant à HCl la soude NaOH, on observe précisément le contraire : une zone incolore se forme en avant suivie d'une région plus foncée. Les ions OH^- sont maintenant les plus mobiles, la charge en avant sera donc négative et il y aura accumulation d'ions K^+, donc décoloration. Autour de la charge positive moins avancée viendront se placer les MnO_4^-. Si maintenant on fait cette expérience avec un électrolyte dont les ions possèdent à peu près les mêmes mobilités, comme par exemple KCl, on n'observe rien, ce qui s'accorde bien avec les idées exposées. D'une façon générale, ce phénomène est bien visible pour les acides et les bases et peu net pour les sels.

En introduisant des électrodes sondes dans le tube, nous avons pu construire les courbes qui donnent la variation du potentiel entre deux points du tube en fonction du temps. Nous avons constaté que les effets produits par le passage du front de diffusion dans les électrodes, pendant la préparation du tube, accusaient son caractère de double signe, c'est-à-dire deux charges de signes opposés.

Nous avons aussi étudié la diffusion dans des tubes horizontaux, mais pour ralentir le processus de la diffusion nous avons utilisé des tubes minces (2 mm de diamètre intérieur) comme celui représenté par la figure. Nous avons rempli initialement le tube avec une solution diluée de $KMnO_4$ ($2,2.10^{-3}$ M) et, ensuite, versé dans une des extrémités une goutte d'une solution concentrée de l'électrolyte à étudier. Avec les acides, lorsque la diffusion pénètre dans le tube mince, il se forme un petit front violet foncé suivi d'une zone décolorée, étendue et très nette. Quand la diffusion est déjà avancée, le petit front foncé devient imperceptible, mais la zone décolorée reste nette. Avec les bases, on observe le contraire :

petit front décoloré suivi d'une zone étendue violette foncée très nette; quand la diffusion est déjà avancée, le petit front incolore disparaît et la zone foncée reste nette (voir *figure*). Avec les sels, ou bien on n'observe rien, ou alors il se forme, déjà dans un stade avancé de la diffusion, un front légèrement foncé.



La disparition du petit front dans ces expériences pourrait être liée à un phénomène d'adsorption par les parois du tube. Les ions H^+ et OH^- étant les plus adsorbés, cela expliquerait la disparition progressive des petits fronts (H^+ et OH^-).

ANALYSE PHYSICO-CHIMIQUE. — *Fractionnement des lipides par chromatographie de partage à contre-courant sur papier.* Note de MM. **Louis Douste-Blazy**, **Jacques Polonovski** et **Paul Valdiguie**, présentée par M. Gabriel Bertrand.

Malgré le très grand développement des techniques de fractionnement fondées sur le partage entre deux solvants (chromatographie sur papier et distribution à contre-courant), le domaine des composés lipidiques est encore peu exploré [1]. La raison en est que les lipides sont insolubles dans l'eau qui sert ordinairement de phase fixe dans ces méthodes d'analyse.

Nous avons cherché des couples de solvants non miscibles, dans lesquels les lipides sont solubles; puis nous avons mis au point une nouvelle méthode de chromatographie de partage sur papier, à contre-courant, à deux phases organiques.

Couples de solvants. — Nous avons spécialement étudié les couples suivants :

Méthanol aqueux (1 à 20 % d'eau), éther de pétrole (É 40) ou heptane;

(1) Chromatographie sur papier : J. Boldingh, *Rec. Trav. Chim. Pays-Bas*, 69, 1950, p. 247; T. H. Bevand, G. I. Gregory, T. Malkin et A. G. Poole, *J. Chem. Soc.*, 1951, p. 841; E. Hecht et C. Mink, *Bioch. Bioph. Acta*, 8, 1952, p. 641; M. Barbier et E. Lederer, *Bioch. Bioph. Acta*, 8, 1952, p. 590; H. P. Kaufmann et J. Budwig, *Fette u. Seifen*, 54, 1952, p. 156; *cf.* Revue in J. Asselineau, *Bull. Soc. Chim.*, 1952, p. 884.

Distribution à contre-courant : C. R. Sholfield, T. A. Mc Guire et H. J. Dutton, *J. Amer. Oil. Chem. Soc.*, 27, 1950, p. 352; T. A. Mc Guire et F. R. Earle, *id.*, 28, 1951, p. 328; J. A. Lavern, *J. Biochem.*, 51, 1952, p. 464.

Méthanol aq. (1 à 20 %), éther de pétrole + chloroforme (0 à 50 %);
Méthanol aq. + acétone, éther de pétrole + chloroforme (0 à 50)%;
Acide acétique aq. (1 à 20 %), éther de pétrole + chloroforme (0 à 50 %);
Acide acétique + méthanol + eau, éther de pétrole + chloroforme (proportions variées);
Pyridine + méthanol + eau, heptane ou éther de pétrole + chloroforme.

Les couples utilisables sont uniformément variables par addition d'eau ou de chloroforme qui diminuent la solubilité de certains lipides dans la phase hydrophile et l'augmentent dans la phase éthérée; il est donc possible de trouver le couple optimum pour la séparation cherchée.

On peut ainsi séparer les stérols et les stérides des phospholipides, les lécithines des céphalines et fractionner les lécithines ou les céphalines elles-mêmes.

Chromatographie de partage entre deux phases organiques à contre-courant. — La méthode que nous avons mise au point diffère des méthodes habituelles en ce que le papier trempe par chacune de ses extrémités dans un solvant différent; le solvant léger ascendant s'arrête au moment de la rencontre avec le solvant descendant. La tache initiale est déposée dans la partie supérieure du papier et l'on s'arrange pour amener la rencontre des solvants juste au-dessus de la tache.

La chromatographie a lieu dans une cuve comportant une nacelle pour le solvant supérieur; un dispositif plus simple peut même être réalisé avec deux tubes de diamètre différent emboîtés et une bande de papier étroite (1 à 4 cm) (papier Whatman ou Arches). Durée, 8 à 12 h à 18° C.

Après séchage du papier, les bandes sont révélées de différentes manières :

Le Soudan III ou, mieux, le noir Soudan (0,5 % dans l'éthanol à 60°) colorent les glycérides, stérides et céphalines.

L'immersion dans l'acide phosphomolybdique (sol. aq. à 1 %) suivie d'un lavage à l'eau et d'une réduction par le chlorure stanneux (sol. à 1 % dans l'eau ou ClH_3N), colore les composés choliniques (lécithines et sphingomyélines).

La pulvérisation de ninhydrine (0,2 % dans le butanol) colore les céphalines et les acides aminés qui peuvent les accompagner.

La pulvérisation d'acide silicotungstique (ou phosphotungstique) (10 % dans l'éthanol), suivie d'un bref passage à l'étuve, colore en pourpre le cholestérol.

A titre d'exemple, nous décrirons les résultats obtenus pour un extrait alcooloéthéré de sérum sanguin humain, une ovolécithine et une céphaline de cervelle de mouton avec les couples suivants : éther de pétrole, 75 cm^3; chloroforme, 10 cm^3; acide acétique, 60 cm^3; méthanol, 30 cm^3; eau, 5 cm^3

ou éther de pétrole, 75 cm^3; chloroforme, 15 cm^3; acide acétique, 25 cm^3; méthanol, 25 cm^3; eau, 2,5 cm^3.

A. Sérum : une, deux ou trois taches bleu molybdiques (lipides choliniques) entraînées par la phase acétique [Rf (²) 0,8 à 0,6]. Deux taches colorables à la ninhydrine dont une seule retient le noir Soudan (Rf entre 0,3 et 0,6). Une tache colorable au Soudan correspondant aux lipides éthérosolubles (Rf 0 à 0,1).

B. Lécithine : une tache colorable au bleu molybdique (Rf 0,8 environ).

C. Céphalines : une tache éthérosoluble non entraînée par la phase acétique colorable au Soudan, mais non à la ninhydrine et quatre taches colorables à la ninhydrine. Aucune n'est colorable au bleu molybdique.

L'utilisation des mêmes couples de solvants dans un appareil de distribution à contre-courant de type Craig nous a donné des résultats comparables, nous permettant une séparation des mêmes fractions.

DISTILLATION DE PRÉCISION. — *Contribution à l'étude de l'effet du prélèvement intermittent sur l'efficacité des colonnes à rectifier.* Note (*) de M. **René Romanet**, présentée par M. Paul Pascal.

Dans une précédente Note (¹) j'ai montré que pour des colonnes à rectifier de grande efficacité utilisées avec des rapports de rétrogradation élevés le prélèvement intermittent donnait une meilleure séparation que le prélèvement continu.

Mais il importe de remarquer que le rapport de rétrogradation est défini dans le cas du prélèvement discontinu par analogie avec le cas du prélèvement continu. En fait, sa signification dans le premier cas est loin d'être aussi simple que dans le second cas. En particulier, les deux durées t et T du cycle de prélèvement intermittent étant indépendantes l'une de l'autre, un même rapport de rétrogradation peut théoriquement être obtenu d'une infinité de façons.

Dans le présent travail j'ai cherché quelle était, pour un même rapport de rétrogradation, l'influence de la valeur du prélèvement unitaire a sur l'efficacité de la colonne, toutes les autres caractéristiques de fonctionnement restant inchangées (¹).

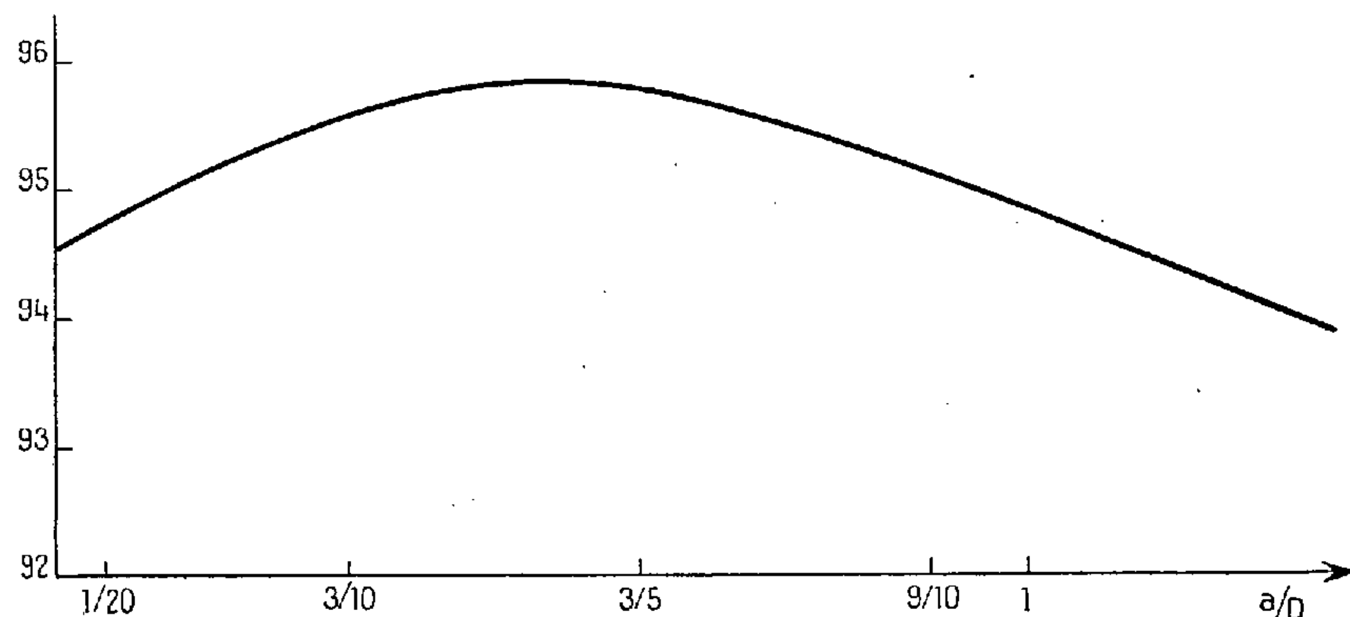
La figure traduit les résultats obtenus pour un rapport de rétrogradation

(²) Le calcul des Rf est arbitraire, car nous prenons pour origine le point de rencontre des solvants. Il ne correspond pas exactement au coefficient de partage, car l'adsorption sur le papier joue un rôle, et les volumes des phases en présence ne sont pas absolument constants au voisinage des fronts des solvants.

(*) Séance du 10 décembre 1952.

(¹) *Comptes rendus*, 235, 1952, p. 1390.

R = 150. En abscisse on a porté le rapport a/D [a, valeur du prélèvement unitaire; D, valeur moyenne de la quantité de distillat prélevée par heure; cette valeur est constante dans toutes les expériences (le rapport a/D est homogène à un temps)].



En ordonnée on a porté l'efficacité de la colonne définie comme précédemment (2)

A la valeur $a/D = 0$ correspond l'efficacité de la colonne en prélèvement continu.

On voit que si l'on fait croître la valeur de a l'efficacité de la colonne passe par un maximum, puis décroît régulièrement et peut prendre des valeurs inférieures à celle correspondant au prélèvement continu. Autrement dit, l'augmentation d'efficacité entraînée par le fonctionnement avec prélèvement discontinu n'est obtenue, pour un rapport de rétrogradation donné, que par un choix convenable du cycle de prélèvement.

THERMODYNAMIQUE CHIMIQUE. — *De l'influence des phénomènes de surface sur la cinétique d'inflammation des propergols liquides.* Note (*) de M. **Michel Bernard**, présentée par M. Eugène Darmois.

Des résultats sont rapportés qui dégagent l'influence de la surface sur les phénomènes d'inflammation de deux jets de liquides autoréagissants et pulvérisés l'un contre l'autre.

Cette influence trouve son application dans les systèmes d'injection des propergols utilisés en autopropulsion thermique.

L'étude des réactions d'inflammation de l'acide nitrique à haute concentra-

(2) R. Romanet, *Comptes rendus*, 235, 1952, p. 412.

(*) Séance du 10 décembre 1952.

tion avec différentes substances organiques, nous a permis de faire les remarques suivantes :

On a trouvé que des corps susceptibles d'abaisser la tension interfaciale d'un système de deux jets autoréagissant l'un contre l'autre, favorisaient l'auto-inflammation de ce système.

Pour mettre en évidence ce phénomène, on a utilisé tout d'abord le dispositif suivant : une quantité d'acide nitrique d'un volume de 1 cm^3 (97-98 %) tombe d'une hauteur de 15 cm dans une coupelle contenant 1 cm^3 de substance organique liquide auto-inflammable. Le phénomène est enregistré par une caméra à déroulement rapide (64 images seconde par exemple).

Le « retard à l'inflammation » en présence d'acide nitrique de la substance organique considérée, est le temps qui s'écoule entre le contact de la goutte avec la surface du liquide de la coupelle, et l'apparition de la flamme. La lecture du film donne le résultat en images, que l'on traduit en temps.

Cette méthode est désignée dans ce qui suit par le terme de « méthode au bain ».

Les combustibles utilisés étaient l'alcool furfurylique et des solutions huileuses de dicyclopentadiène à 83 % et 37 % (1).

Voici pour deux de ces couples auto-inflammateurs et différents corps tensio-actifs les retards d'inflammation obtenus, en 10^{-2} s en présence d'acide nitrique 97 %.

Combustible.	Alcool furfurylique.	Dicyclopentadiène à 83 %.
Normal	3,1	7
+ 0,5 % oléylamide	2,3	3,9
+ 0,5 % oléate de triéthanolamine	2,3	3,1
+ 0,5 % oléate de glycérol	2,3	3,9
+ 0,5 % oléate de propylène-glycol	2,3	3,1
+ 0,5 % bromure de cétyl-pyridinium	3,1	4,7
+ 0,5 % sulforicinolate de sodium	1,6	4,7
+ 0,5 % alcoyl-arylsulfate de sodium	2,3	4,7
+ 0,5 % alcoylsulfate de sodium	2,3	3,1

L'abaissement du retard d'inflammation est beaucoup plus accusé, si l'on part de deux jets de ces liquides, qu'on pulvérise l'un contre l'autre. La méthode utilisée pour la mesure du retard d'inflammation de tels systèmes, a été développée par Stanley V. Gunn (2).

Les résultats qui suivent sont relatifs à ce procédé de mesure appliqué à l'inflammation des couples mentionnés plus haut, à partir d'acide nitrique à 98 %. Pour comparaison, on a également porté les retards d'inflammation correspondants obtenus par la méthode au bain :

(1) *J. Amer. Rocket Soc.*, 21, 1951, p. 129-131.
(2) *J. Amer. Rocket Soc.*, 22, 1952, p. 33-38.

Couple considéré.		Injecteur.	Bain.
Alcool furfurylique	+ acide nitrique	2,99	2,3
»	à 0,5 % d'alcoylsulfate de Na + acide nitrique.	1,44	2,3
»	+ acide nitrique à 0,5 % d'alcoylsulfate de Na.	2,27	2,3
Dicyclopentadiène	à 37 % + acide nitrique	–	1,6
»	à 37 % + acide nitrique à 0,5 % d'alcoylsulfate de Na	1,25	1,6

Des mesures de tension superficielle de chaque substance par rapport à sa vapeur, montrent que ces corps n'agissent pas comme abaisseurs de tension superficielle. L'expérience montre d'autre part que les faibles quantités de substances ajoutées ne permettent pas une si grande variation du retard d'inflammation du couple par leurs propriétés internes. Ces substances étant d'autre part connues pour leurs propriétés tensioactives à l'interface de deux liquides, l'un aqueux, l'autre organique, elles agissent certainement comme abaisseur de tension interfaciale entre les composants du système hétérogène : acide nitrique-combustible.

On peut prévoir dans ce cas que l'effet optimum sera obtenu avec des hypotenseurs à anion actif (oléates, alcoylsulfates...), lequel a tendance à être adsorbé de façon intense à la surface du combustible au moment du contact. Les résultats portés plus haut justifient bien cette interprétation.

Indépendamment de l'action des hypotenseurs, les résultats mentionnés plus haut et concernant un couple donné, montrent que le retard d'inflammation est une fonction croissante de la quantité de mouvement des jets, c'est-à-dire : de la pulvérisation du système liquide.

Ils permettent également de constater que l'action des hypotenseurs est d'autant plus grande que la pulvérisation du liquide est plus élevée.

Ces résultats trouvent leur application dans l'initiation de la combustion dans les engins autopropulsés à propergols liquides utilisant l'acide nitrique pour comburant, l'inflammation du mélange devant se réaliser, pour des raisons de sécurité, sans retard appréciable.

L'étude des phénomènes de surface accompagnant l'inflammation et la combustion des jets liquides, se poursuit tant du point de vue théorique que du point de vue expérimental.

CHIMIE MACROMOLÉCULAIRE. — *L'influence de l'histoire thermique sur la variation isotherme du volume spécifique du polystyrolène.* Note de M. **André Kovacs**, transmise par M. Jacques Duclaux.

Dans une Note récente (1) nous avons montré qu'au-dessous de la tempé-

(1) A. Kovacs, *Comptes rendus*, 235, 1952, p. 1127. Dans la formule, p. 1129, *il faut lire* $[1 - \tau \log(t/t_0)]$.

rature apparente de transition, T_g, l'évolution isotherme du volume spécifique d'un échantillon de polystyrolène dépend non seulement de la température T_i, mais aussi de son « passé thermique ». Nous avons mis en évidence d'autre part qu'il suffisait de porter l'échantillon à une température $T_0 > T_g$ pour « effacer » son histoire thermique antérieure. En effet, c'est seulement après avoir fait subir à nos éprouvettes un tel traitement que nous avons pu reproduire à volonté les résultats concernant la contraction isotherme du volume à une température $T_i < T_g$ en fonction du temps.

Nous examinerons ici l'évolution isotherme à une température T_2 du volume d'un échantillon qui a été refroidi au préalable à partir d'une température de référence $T_0 > T_g$ à une température T_1, où il a été maintenu pendant des durées variables t_1 ; T_1 et T_2 étant inférieures à T_g.

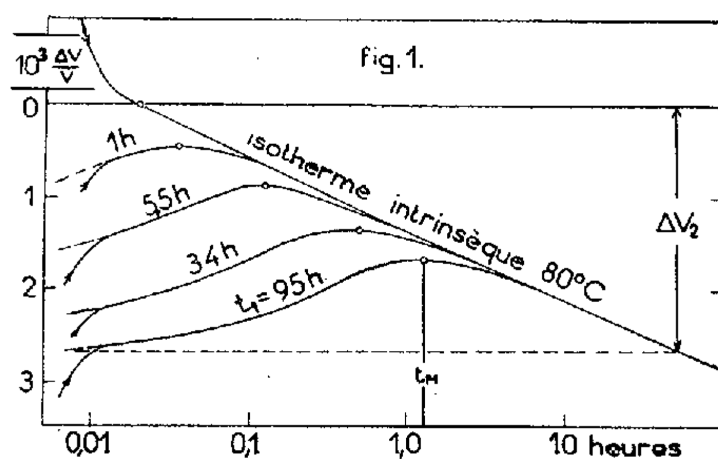
Deux possibilités peuvent se présenter.

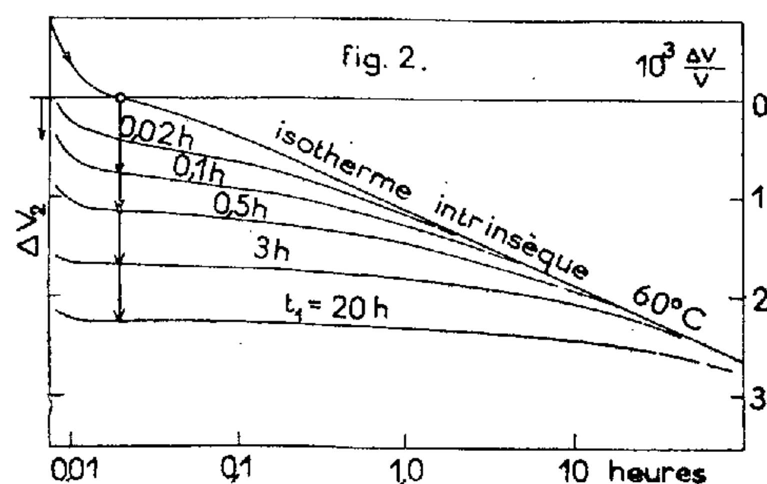
a. $T_0 > T_g > T_2 > T_1$; *réchauffement partiel.* — La figure 1 représente une famille de courbes relatives à la variation isotherme du volume d'un échantillon en fonction de $\log t$ à 80°C après des séjours de durée variable (t_1) à 60°C. On constate que toutes les courbes après avoir passé par un maximum au bout d'un temps t_M tendent vers la courbe de contraction obtenue par refroidissement direct à partir de T_0 ($t_1 = 0$) que nous appellerons « isotherme intrinsèque » à T_2.

On peut déduire de l'examen de cette famille d'isothermes la relation suivante :

$$\log t_M = a \log t_1 - \log C_{1,2},$$

dans laquelle a est un facteur voisin de 1, mais plus petit et $C_{1,2}$ une constante qui croît rapidement avec ($T_2 - T_1$).





D'autre part, si Δv_1 est la contraction isotherme du volume au bout d'un temps t_1 à la température T_1, on a (*fig.* 1) $\Delta v_1 = \Delta v_2$ (dans le cas où t_1 est suffisamment grand pour que les débuts de courbes de dilatation isotherme soient facilement observables à T_2) autrement dit la *contraction isotherme se conserve au cours d'une élévation rapide de température*.

b. $T_0 > T_g > T_1 > T_2$; *refroidissement par étape.* — La figure 2 représente une famille de courbes de contraction isotherme obtenues avec le même échantillon à la température de 60° C après des séjours de durée variable (t_1) à 80° C. Les différentes isothermes ainsi obtenues débutent par un palier (d'autant plus accusé que t_1 est plus grand) et tendent comme précédemment vers l'isotherme intrinsèque obtenue par refroidissement direct ($t_1 = 0$) de T_0 à 60° C. Là encore on peut déduire de l'examen de ces courbes que la *contraction isotherme se conserve au cours d'un abaissement rapide de la température.*

On peut considérer la variation de volume comme une « déformation » se composant d'une déformation instantanée (élastique) et d'une déformation retardée (élasto-visqueuse), et essayer d'y appliquer le principe de superposition de Boltzmann (2). Nous reviendrons ultérieurement sur cette question.

CÉRAMIQUE. — *Propriétés caractéristiques des matériaux céramiques obtenus par frittage.* Note de M. **René Lecuir**, présentée par M. Paul Pascal.

Les variations de densité apparente dans l'échantillon cru, modifient l'orientation moyenne de l'échantillon et entraînent des variations locales de retrait, origine de la plupart des défauts de fabrication. L'expérience démontre le caractère local et souvent incomplet des réactions dans le matériau céramique.

Il est bien connu que le retrait d'un échantillon céramique n'est pas le même, en général, dans toutes ses dimensions. Nous avons montré la formation d'une structure feuilletée au sein de l'aggloméré dans une direction perpendiculaire à la pression aussi bien pour des produits lamellaires que pour des oxydes additionnés de liants organiques (1).

Nous avons constaté que la mise en forme d'un produit céramique dans une filière nécessite que les pressions développées par les frottements de la matière sur l'embout de la filière soient plus élevés que la pression exercée par le piston dans la chambre de filage. L'orientation, toujours dans une direction perpendiculaire à la pression maximum, est ici parallèle à la direction de l'écoulement. Le départ des liants volatils, pendant le traitement thermique, s'effectue principalement suivant des plans parallèles à la direction de l'orientation; le rapprochement de ces plans entraîne un retrait plus élevé dans la direction où s'est exercée la pression de mise en forme.

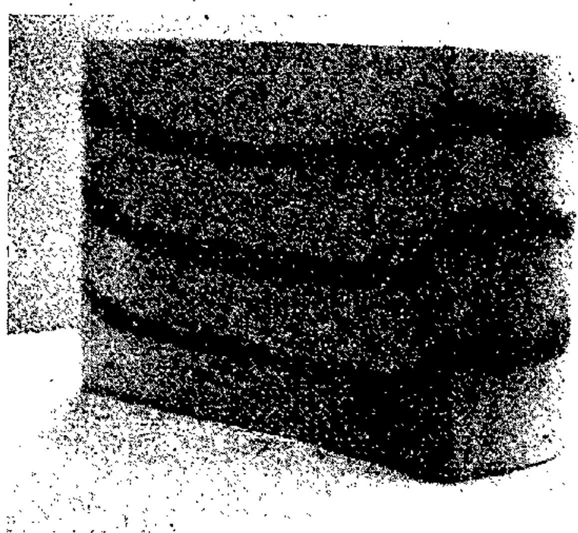
L'expérience montre que la différence des retraits mesurés dans une direction perpendiculaire à l'orientation et dans la direction de l'orientation est, toutes conditions égales d'ailleurs, d'autant plus élevée que la

(2) *Pogg. Ann. Phys.*, 7, 1876, p. 624.

(1) R. Lecuir, *Comptes rendus*, 226, 1948, p. 191.

matière pressée est moins plastique et, par suite, présente une orientation plus marquée.

Inversement, une teneur en liant plus élevée tend à réduire l'écart des retraits mesurés dans les deux dimensions. Les variations des retraits linéaires, résultant de ce phénomène peuvent être importantes, par exemple de 5 %. Les phénomènes physico-chimiques du traitement thermique conduisent alors à un matériau homogène. Les conditions de mise en forme initiale déterminent alors un échantillon cuit, dont la forme est rarement homothétique de l'échantillon cru.



Nous avons montré précédemment qu'il existe une relation entre les déformations, les ruptures des pièces céramiques après cuisson, et les variations locales de la densité apparente des constituants minéraux au sein de l'échantillon. La mise en forme de la pièce crue détermine ces variations, les tensions internes correspondantes entraînant la déformation ou la rupture de l'échantillon (²).

Les différences locales des forces de tassement et du tassement lui-même de la poudre modifient l'orientation générale de l'aggloméré et, par suite, la direction dans laquelle se produit le retrait maximum. Il n'est jamais possible, en pratique, d'éviter au cours de la mise en forme, ce phénomène parasite qui est à l'origine de la majeure partie de défauts de fabrication. Ce phénomène doit déterminer dans un échantillon sans déformation, ni rupture, l'existence de tensions provenant de la mise en forme et subsistant après cuisson, à condition que les réactions physico-chimiques qui donnent naissance au matériau céramique, même étanche, gardent un caractère local.

Nous avons utilisé un dispositif déjà décrit pour l'étude des échantillons crus moulés sous pression, caractérisé par la présence de couches colorées équidistantes avant moulage. Nous avons substitué au colorant organique utilisé dans ces expériences, de faibles quantités d'oxydes, déter-

(²) R. Lecuir, *Ann. Radioélectricité*, 6, n° 23, 1951.

minant après cuisson une coloration de la masse. Après cuisson jusqu'à l'étanchéité, les couches colorées conservent la même allure que dans l'échantillon cru, comme le montre la photographie ci-devant.

Cette expérience montre, qu'au cours du frittage céramique (sauf dans des cas très particuliers), la diffusion reste assez faible et ne détruit pas l'hétérogénéité apportée par la mise en forme dans un matériau céramique. Les différences de densité au sein de la masse crue introduisent donc alors des tensions après cuisson, même dans un échantillon sans défaut apparent.

Les matériaux préparés par frittage se différencient ainsi des produits préparés par fusion, en raison du caractère local et souvent incomplet des réactions physico-chimiques qui leur donnent naissance, et du rôle important que jouent les conditions de mise en forme sur l'homogénéité et les variations de retrait du produit fini.

CHIMIE ORGANIQUE. — *Structure et absorption des dérivés hydroxylés du xanthène* (*résorcine-benzéines*). Note de Mme **Pauline Ramart-Lucas**, présentée par M. Gabriel Bertrand.

L'analyse spectrale a, pour la première fois, permis d'établir que les dérivés hydroxylés du triphénylméthane (benzaurines, phénolphtalènes, etc.) sont susceptibles, en milieu neutre, d'exister sous plusieurs formes transformables les unes en les autres réversiblement : une forme incolore (carbinolique ou lactonique selon les cas) et trois formes colorées [(soient (A), (B), (B′)]. L'équilibre entre ces diverses formes est déplacé, en faveur de B en milieu basique et de B′ en présence d'acide. [Voir *fig.* 1, les courbes de la benzaurine dans $CHCl_3$) (courbe 1) forme (A), dans $CHCl_3 + ClH$ (courbe 2) forme (B′) et dans KOH alcoolique (courbe 3) forme (B)].

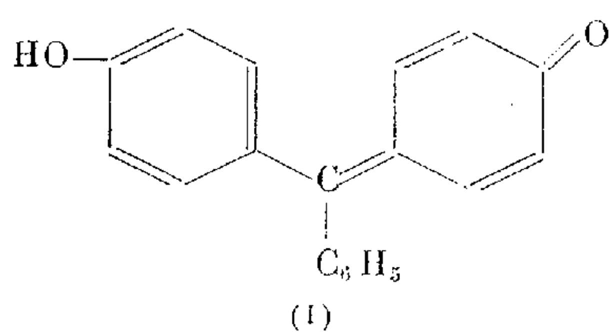
Alors que la forme (A) peut être représentée, d'après son spectre, par la formule quinoïde ([1]), nos schémas sont impuissants à expliquer l'absorption des formes (B) et (B′). L'analyse des phénomènes m'avait conduite à admettre que l'apparition de ces deux formes était conditionnée par la structure électronique du carbone central. Récemment, M. Sandorfy ([2]) utilisant les méthodes de la mécanique ondulatoire, a confirmé cette hypothèse et précisé la structure électronique de (B) et (B′) de la benzaurine.

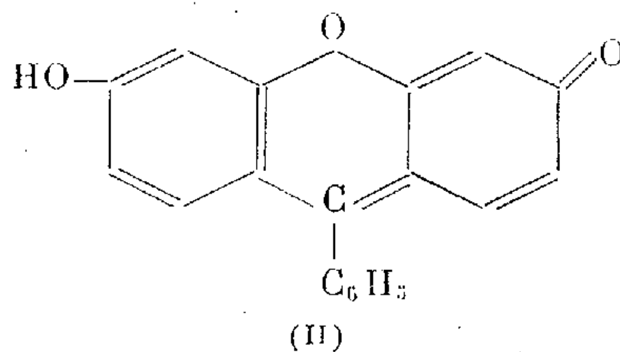
Il était à penser que l'introduction d'un oxygène pontal entre deux des noyaux de la benzaurine [ce qui conduit à la résorcine-benzéine (II)]

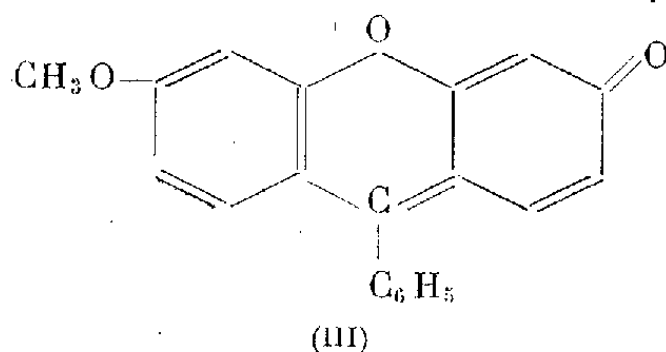
(1) Mme Ramart, *Bull. Soc. Chim.*, 12, 1945, p. 477.

(2) *Comptes rendus*, 7, 1951, p. 633.

entraînerait un changement plus ou moins profond dans l'allure des phénomènes.

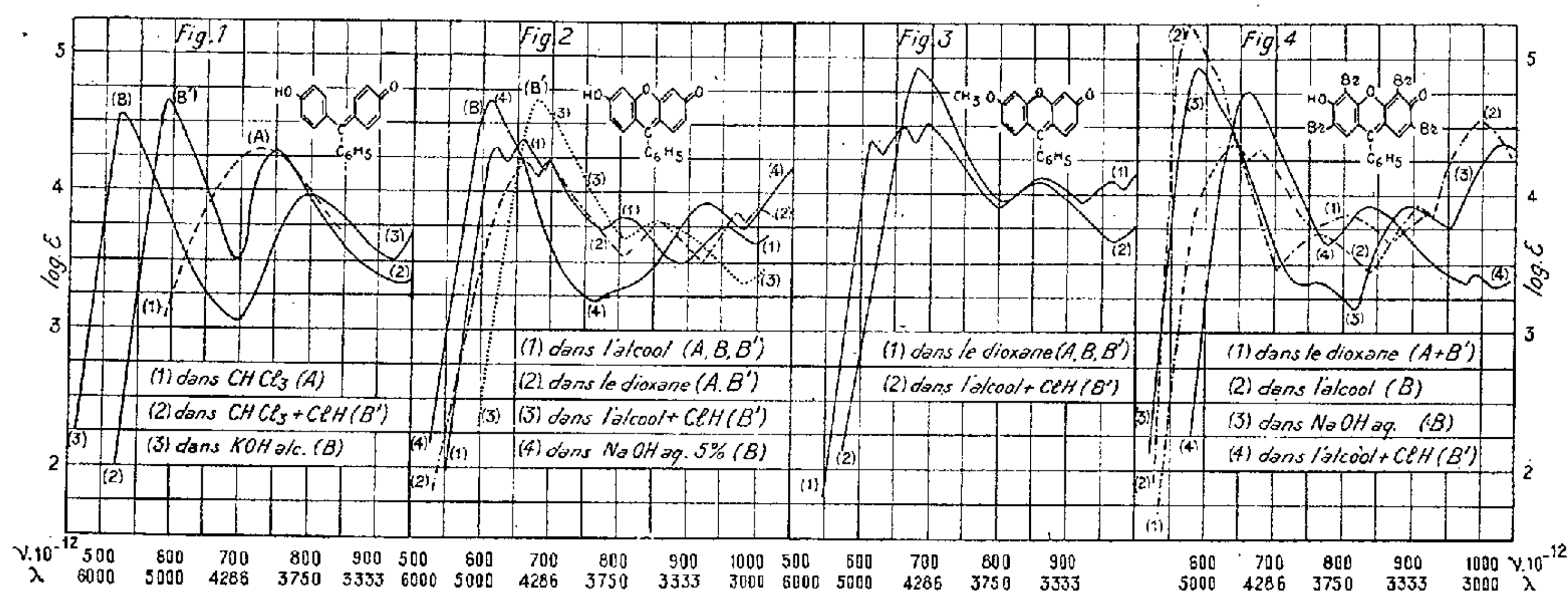






En effet, alors que dans la série du triphénylméthane ,les noyaux aromatiques sont seulement liés au carbone central et peuvent ainsi prendre les positions représentées dans les schémas de M. Sandorfy, le degré de liberté de ces noyaux se trouve limité par la présence de l'hétérocycle dans les dérivés du xanthène.

L'expérience a effectivement montré que, dans cette série, si le phénomène essentiel, c'est-à-dire l'existence des formes (A), (B) et (B′) se manifeste comme dans le cas des dérivés du triphénylméthane, la présence de l'oxygène pontal provoque des changements importants à la fois dans la position des bandes (qui gardent sensiblement la même allure) et dans l'équilibre des formes présentes.



Alors que la bande visible de chacune des variétés de la benzaurine et de ses dérivés se succèdent vers le rouge dans l'ordre : (A), (B′), (B) (*voir fig.* 1), cet ordre devient (B′), (A), (B) dans la série du xanthène (*fig.* 2

et 4). En ce qui concerne l'équilibre, contrairement à ce qui se passe dans la série du triphénylméthane, le spectre de (A) n'apparaît à l'état pur dans celui d'aucune des solutions des résorcine-benzéines étudiées. C'est ainsi que dans les spectres des solutions alcooliques ou chloroformiques de ces composés, la bande visiblede chacune des trois formes apparaît (*fig.* 2) et que l'absorption des solutions dioxaniques correspond à la présence des formes (A) et (B') (*fig.* 2 et 4).

L'éthérification de l'hydroxyle phénolique ne provoque aucun phénomène nouveau si ce n'est que, dans les spectres de toutes les solutions neutres de méthylbenzaurine (III) (y compris le dioxane), on peut déceler ceux des trois formes (*fig.* 3). Enfin, l'introduction de quatre atomes de brome, soit dans la benzaurine, soit dans la résorcine-benzéine, provoque dans l'un et l'autre cas, un déplacement de l'équilibre en faveur de (B). Le spectre de la tétrabromorésorcine-benzéine dans l'alcool neutre est voisin de celui de sa solution alcaline (*fig.* 4).

En définitive, l'étude des spectres d'absorption de la résorcine-benzéine et de ses dérivés a permis d'établir que, comme dans la série du triphénylméthane, ces composés peuvent exister sous les trois formes colorées (A), (B), (B'), transformables les unes en les autres réversiblement. Ici encore, (A) peut être, d'après son spectre, représentée par le schéma quinoïde habituel. En ce qui concerne les formes (B) et (B') qui ne peuvent être représentées par nos formules, on doit admettre que le passage de (A) en (B) ou (B') est accompagné d'un changement profond dans l'état électronique du carbone central (passage d'un carbone tétraédrique en carbone graphitique).

CHIMIE ORGANIQUE. — *Sur le nitrile chloro-4 pentène-3 oïque et quelques composés apparentés.* Note de MM. **Marcel Fétizon** et **Marc Julia**, présentée par M. Marcel Delépine.

La cyanuration du dichloro-1.3 butène conduisit au nitrile chloro-4 pentène-3 oïque. Celui-ci a été hydrolysé en l'acide correspondant puis en acide lévulique. La réduction de l'acide chloro-4 pentène-3 oïque donna le chloro-4 pentène-3 ol-1, qui fut transformé par la potasse en pentyne-3 ol-1.

L'un de nous a étudié récemment ([1]), ([2]) des composés obtenus à partir du dichloro-1.3 butène-2. Nous avons maintenant préparé, avec le même produit de départ un certain nombre de composés à cinq atomes de carbone. L'intérêt de ces composés, inconnus jusqu'à présent, vient du fait qu'ils contiennent le

([1]) M. Julia, *Comptes rendus*, 234, 1952, p. 2615.
([2]) M. Julia, *Comptes rendus*, 235, 1952, p. 662.

groupement $CH_3—CCl=CH—CH_2—$ qui peut servir à diverses synthèses : composés acétyléniques, cétones, etc.

En faisant réagir le dichloro-1.3 butène-2 sur le cyanure cuivreux suivant la technique habituelle pour les halogénures allyliques, on obtient avec un rendement de 78 % le *nitrile chloro-4 pentène-3 oïque* (cyanure de β-chlorocrotyle) (I) : liquide incolore qu'on distille directement, sous vide, du milieu réactionnel. Il brunit assez rapidement, l'hydroquinone le stabilise très bien. $É_{12}$ 76°; $É_{760}$ 160°; $n_D^{15,6}$ 1,4620 (C_5H_6NCl; trouvé %, C 52,36; H 5,45; N 12,16; calculé %, C 51,96; H 5,19; N 12,12).


(I) $CH_3—CCl=CH—CH_2—CN,$


(II) $CH_3—CCl=CH—CH_2—COOH.$

Par ébullition (2 h) avec deux fois son volume d'acide chlorhydrique concentré, ce nitrile est hydrolysé en *chloro-4 pentène-3 oïque* (II) (56 %) : liquide incolore d'odeur désagréable, $É_{11}$ 122°; $n_D^{15,6}$ 1,4710 ($C_5H_7O_2Cl$; trouvé, C 44,66; H 5,42; calculé %, C 44,70; H 5,24).

Le sel de sodium de l'acide (II), obtenu par dissolution dans le bicarbonate de soude sans excès (la soude risquerait de déplacer la double liaison), donna facilement le *sel de S-benzyl-isothio-uronium* de (II) qu'on recristallise dans l'alcool dilué. F 145° ($C_{13}H_{17}O_2N_2SCl$; trouvé %, N 9,32; calculé %, N 9,3).

Par action du chlorure de thionyle sur l'acide (II), on obtient le *chlorure d'acide* : $É_{35}$ 82° (80 %).

A partir de ce chlorure d'acide nous avons préparé l'*amide* F 83° (recristallisée dans l'eau) (C_5H_8ONCl, trouvé %; N 10,43; calculé %, N 10,25); et l'*anilide* correspondants F 95° (recristallisé dans la ligroïne) ($C_{11}H_{12}ONCl$, trouvé %, N 6,72; calculé %, N 6,68).

Par distillation azéotropique d'un mélange de chloro-4 pentène-3 oïque, d'alcool absolu et de benzène en présence d'acide sulfurique concentré, on obtient avec un rendement de 72 % l'ester éthylique de (II) : liquide incolore, $É_{25}$ 90°; $n_D^{21,7}$ 1,4495.

Pinner et Klein [3] ont attribué la formule (II) à un produit fondant à 103-104° qu'ils ont obtenu en plusieurs étapes à partir du butyl-chloral.

La structure de notre produit nous semble toutefois être établie par :

1° son mode de préparation qui met en jeu des réactions simples et bien connues;

2° son hydrolyse, par dissolution dans l'acide sulfurique concentré (dégagement de gaz chlorhydrique) et dilution par l'eau, en acide lévulique (III), identifié par sa dinitrophénylhydrazone, sa phénylhydrazone, et la pyridazinone que donne celle-ci par cyclisation;

(3) *Ber.*, 11, 1878, p. 1498.

3° son hydrogénation facile dans l'acétate d'éthyle, en présence de palladium sur carbonate de calcium, en acide γ-chlorovalérique $É_2$ 94°; n_D^{17} 1,4342; amide, F 79°. Wohlgemuth ([4]) indique pour ce composé : $É_{10}$ 115-116°; amide, F 79°. Nous avons aussi préparé son *sel de S-benzyl isothio-uronium*, recristallisé dans l'alcool dilué, F 147° ($C_{13}H_{19}O_2N_2SCl$, trouvé %, N 9,38; calculé %, N 9,25).



(III) $CH_3-CO-CH_2-CH_2-COOH$.

La réduction de l'acide (II) par l'hydrure de lithium-aluminium dans l'éther donne avec un rendement de 88 % le *chloro-4 pentène-3 ol-1*, (IV) : liquide incolore, $É_{35}$ 98°; $n_D^{18,2}$ 1,4702 (C_5H_9OCl, trouvé %, C 49,42; H 7,65; calculé %, C 49,80; H 8,25). L'*α-naphtyluréthanne* de cet alcool fut cristallisée dans la ligroïne; F 67° ($C_{16}H_{16}O_2NCl$; trouvé %, N 4,94; calculé %, N 4,83)



(IV) $CH_3-CCl=CH-CH_2-CH_2OH$,



(V) $CH_3-C\equiv C-CH_2-CH_2OH$.

Par ébullition avec un excès de potasse aqueuse à 40 % pendant trois heures d'après la méthode employée récemment par Schechter, Green et La Forge ([5]) pour le butyne-2 ol-1, on obtient l'alcool acétylénique (V) : pentyne-3 ol-1; liquide d'odeur forte $É_{35}$ 81-83°; n_D^{17} 1,4607 (Rdt 72 %); α-naphtyluréthanne, F 119°. Crombie et Harper ([6]) ont récemment préparé cet alcool par une autre méthode; ils indiquent : É 154-157°; n_D^{20} 1,4554; α-naphtyluréthanne, F 119°.

CHIMIE ORGANIQUE. — *Recherches sur les dihydropyrannes; passage aux alcools γ éthyléniques ramifiés.* Note de MM. **Henri Normant** et **Jean-Claude Montaigne**, présentée par M. Marcel Delépine.

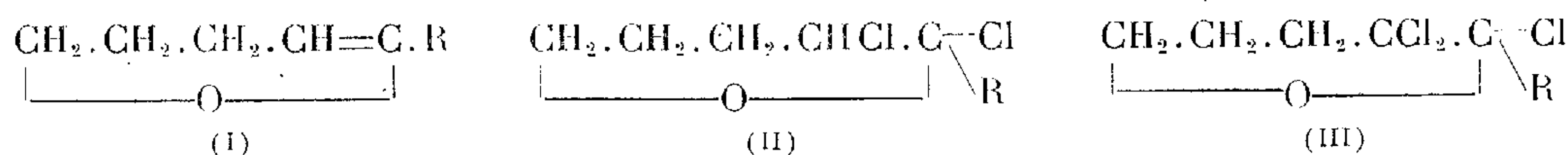
Les dihydropyrannes α substitués fixent Cl_2. Les dichlorés 2.3 obtenus permettent la synthèse d'acétals chlorés et le passage aux alcools γ éthyléniques ramifiés ainsi qu'à l'hexyne-4 ol-1.

Les dihydropyrannes α alcoylés (I) ne sont aisément accessibles, à l'heure actuelle, que dans le cas où $R=CH_3$ ([1]) et $R=C_6H_5$; ce dernier a été préparé selon la technique indiquée par l'un de nous ([2]). Ces composés additionnent Cl_2 avec facilité; à froid il se forme principalement des dichlorés (II). Mais la

(4) *Comptes rendus*, **158**, 1914, p. 1577.
(5) *J. Amer. Chem. Soc.*, **74**, 1952, p. 4902.
(6) *J. Chem. Soc.*, 1950, p. 873.

(1) Perkin, *J. Chem. Soc.*, 51, 1887. p. 702.
(2) H. Normant, *Comptes rendus*, **231**, 1950, p. 909.

grande mobilité de l'halogène α fait qu'il est difficile d'arrêter la chloration à ce stade.



On a pu isoler (III) ($R=CH_3$), F 111-112°, qui, à l'air humide, se transforme en *dichloro*-4.4 *hexanol*-1 *one*-5 ($C_6H_{10}O_2Cl_2$), F 92° (CCl_4).

La condensation des dichlorés bruts (II) avec R'MgX conduit aux *dialcoyl*-2.2 *chloro*-3 *tétrahydropyrannes* (IV) (Rdt 65 % environ)

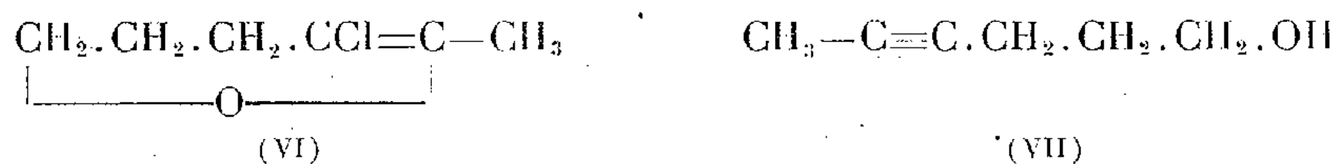


qui sont transformés en alcools γ éthyléniques ramifiés (V), par Na divisé, dans de bonnes conditions.

Alcools éthyléniques (V).

R.	R'.	Formule.	E.	N_D.	D_t.	Rdt %.
CH_3	C_2H_5	$C_8H_{16}O$	87/13	1,4548/16	0,864/16	90
CH_3	C_4H_9	$C_{10}H_{20}O$	108/11	1,4575/18	0,862/18	90
CH_3	C_6H_5	$C_{12}H_{16}O$	101-102/0,6	1,5412/21	0,987/21	77
C_6H_5	C_2H_5	$C_{13}H_{18}O$	111-112/0,6	1,5469/21	0,988/21	66

Le traitement de (II) ($R=CH_3$) par $C_6H_5N(C_2H_5)_2$, fournit le *méthyl*-2 *chloro*-3 Δ_2 *dihydropyranne* (VI) (C_6H_9OCl), E_{10} 44° n_D^{17} 1,4760 D_{17}^{17} 1,115.



d'où l'on passe à l'*hexyne*-4 ol-1 (VII) (Rdt 79 %) par Na en poudre. Ses constantes physiques sont en bon accord avec les déterminations récentes ([3]). Il en a été préparé les dérivés nouveaux suivants :

Phényluréthane F 55° (cyclohexane);

3.5-dinitrobenzoate F 68° (éther);

Acétate E_{12} 82-83°; n_D^{16} 1,4475; d_{16}^{16} 0,952.

La pyrolyse de ce dernier, à 480° sur coton de verre, donne l'*hexène*-5 *yne*-2, E_{753} 87°; n_D^{14} 1,4460; D_{14}^{14} 0,767.

Spectre Raman : raie éthylénique 1643 cm^{-1}; raies acétyléniques 2241 cm^{-1} (T. F.) et 2303 cm^{-1} (*m*).

Le composé (VI) accompagne aussi les acétals chlorés obtenus par action des alcoolates sur (II).

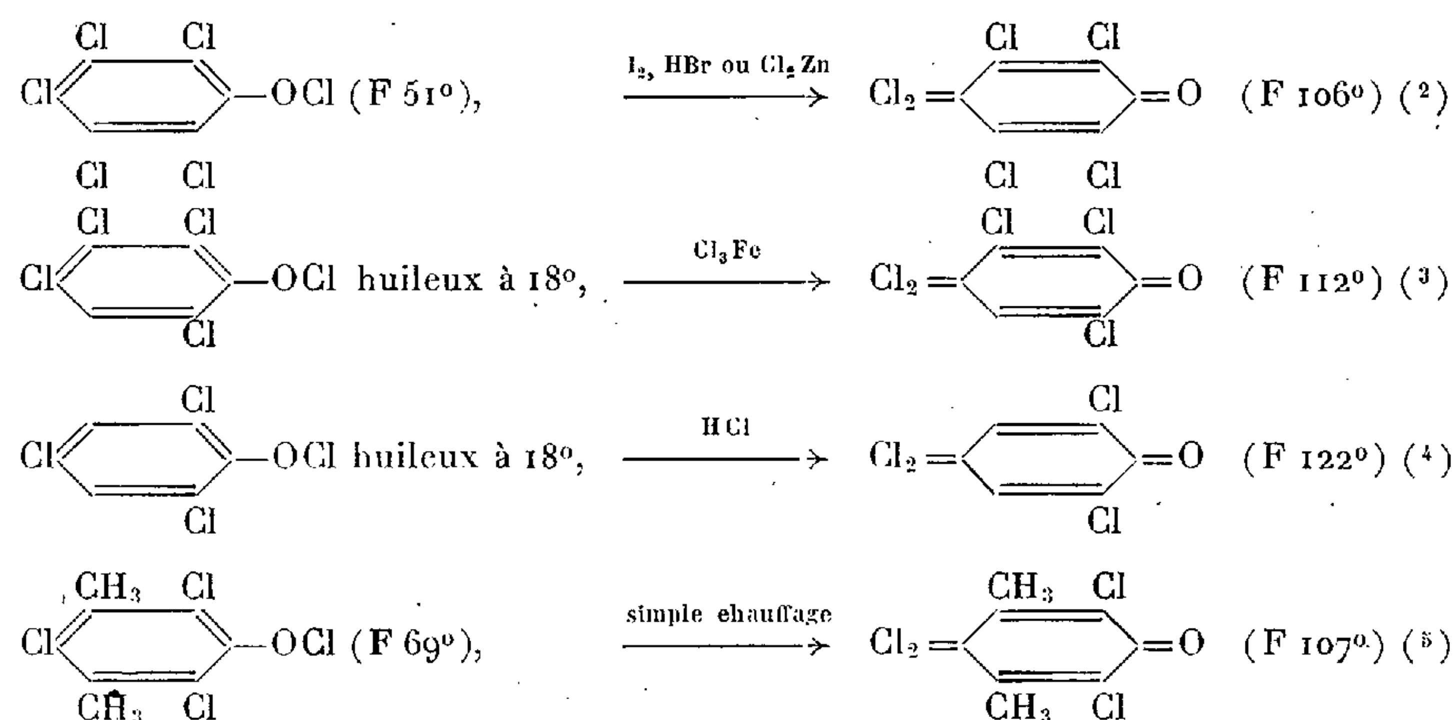
([3]) R. Paul et Tchélitcheff, *Bull. Soc. Chim.*, **19**, 1952, p. 808.

CHIMIE ORGANIQUE. — *Hypochlorites d'aryle et chlorocyclohexadiène-*1.4 *ones*-3. Note de MM. **Léon Denivelle** et **Roland Fort**, présentée par M. Marcel Delépine.

Etude de l'isomérisation des hypochlorites d'aryle en chlorocyclohexadiénones. Mécanisme de la chloruration des phénols.

Les hypochlorites d'aryle, dont nous avons donné les modes de préparation et la description dans une Communication précédente ([1]), peuvent se transformer en leurs isomères paraquinoniques, les chlorocyclohexadiènes-1.4 ones-3, dont la structure est thermodynamiquement plus stable.

La transformation, qui se produit pour certains hypochlorites au cours du vieillissement, nécessite le plus souvent l'intervention de solvants polaires ou de catalyseurs tels que l'iode, les chlorures métalliques ou les hydracides halogénés :



Cette isomérisation permet d'accéder à des chlorocyclohexadiénones encore inconnues, comme la tétrachloro-2.4.6.6 méthyl-1 cyclohexadiène-1,4 one-3, qui n'a pu être préparée par perchloruration directe du méta-crésol ([6]).

([1]) L. Denivelle et R. Fort, *Comptes rendus*, **235**, 1952, p. 1514.

([2]) E. Barral, *Thèse*, Paris, 1895.

([3]) G. Agnini et L. Casale, *Chim. Ind.*, 1951, p. 490-491.

([4]) R. Benedikt, *Monatsheft*, **4**, 1883, p. 233; Th. Zincke et C. Schaum, *Ber.*, **27**, 1894, p. 545; G. King et H. Mc Combie, *J. Chem. Soc.*, **103**, 1913, p. 225.

([5]) K. Auwers, *Fortschr. Chem. Phys.*, **18**, 1924, p. 39-52; C. H. R. Elston, A. T. Peters et F. M. Rowe, *J. Chem. Soc.*, 1948, p. 367.

([6]) R. von Walther et W. Zipper, *J. Prakt. Chem.*, (2), **91**, 1915, p. 373; E. Bures, *Chemicke Listy*, **21**, 1927, p. 221-227, 261-265.

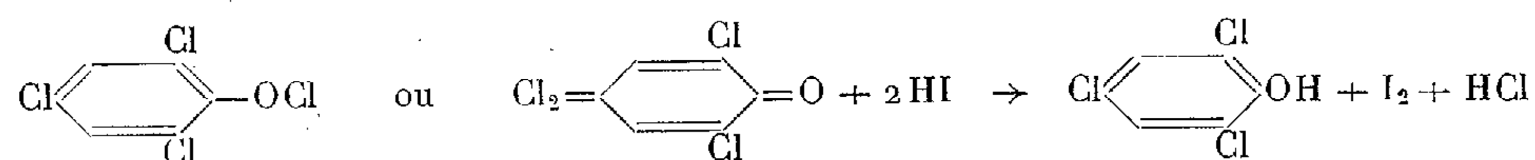
Transposition de l'hypochlorite de trichloro-2.4.6 métacrésyle. — On maintient à 80° pendant une demi-heure, une solution de 24,6 g d'hypochlorite (0,1 mol-g) dans 25 cm³ d'acide acétique en présence de 0,5 g de chlorure ferrique anhydre. Après 24 h de repos, on sépare par filtration quelques cristaux jaune vif de trichlorotoluquinone et l'on précipite du filtrat la tétrachloro-2.4.6.6 méthyl-1 cyclohexadiène-1.4, one-3, par addition de méthanol. Après cristallisation de l'acide acétique à 60%, on obtient des cristaux incolores fondant à 87-88°.

Analyse. — Cl actif calculé pour $C_7H_4OCl_4$: 28,86% ; trouvé 29,3% ; Cl total calculé pour $C_7H_4OCl_4$: 57,72% ; trouvé 57,63%.

Les chlorocyclohexadiénones, décrites jusqu'à maintenant dans la bibliographie, ont toutes été obtenues par chloruration poussée des phénols, et leur constitution a fait l'objet de nombreuses controverses (7). Comme on leur a donné parfois la structure d'hypochlorites d'aryle, que nous connaissons bien actuellement, nous avons repris l'étude de la perchloruration des phénols en nous plaçant exactement dans les conditions de travail signalées par les divers auteurs qui se sont occupés de ce problème. Nous avons constaté dans tous les cas, en chlorant tant en milieu aqueux qu'en milieu anhydre, la formation intermédiaire d'hypochlorites d'aryle que nous avons toujours réussi à isoler. Mais, conformément à ce que nous avons indiqué plus haut, ces hypochlorites s'isomérisent plus ou moins rapidement en cyclohexadiénones en cours d'opération et c'est la raison pour laquelle ils ont échappé aux divers investigateurs. Ceux-ci ont décrit des composés chlorés et oxygénés, isolés en fin de réaction, dont les propriétés sont bien celles des cyclohexadiènones.

Les propriétés physiques des chlorocyclohexadiénones les distinguent nettement des hypochlorites isomères; alors que ces derniers sont des corps jaunes à bas point de fusion, à odeur douçâtre, très solubles à froid dans les solvants organiques courants, les chlorocyclohexadiénones sont des corps incolores, à points de fusion nettement plus élevés, à odeur terpénique, difficilement solubles à froid dans le méthanol et l'acide acétique.

Par contre, les hypochlorites d'aryle et les chlorocyclohexadiénones se comportent de manière identique dans de nombreuses réactions chimiques; c'est ainsi qu'ils manifestent en présence de divers composés organiques, les mêmes propriétés chlorurantes et qu'ils sont les uns et les autres dosables par iodométrie en donnant naissance aux mêmes phénols chlorés :



(7) L. Hugounenq, *Bull. Soc. Chim.*, (3), 2, 1889, p. 806; Th. Zincke et C. Schaum, *loc. cit.*; W. M. Lauer, *J. Amer. Chem. Soc.*, 48, 1926, p. 442-451; C. H. R. Elston, A. T. Peters et F. M. Rowe, *loc. cit.*

CHIMIE ORGANIQUE. — *Sur quelques acides ortho-toluiques substitués et leurs esters méthyliques.* Note de M. **Daniel Peltier**, présentée par M. Marcel Delépine.

Dans le but d'étudier systématiquement l'influence de la nature et de la position du substituant sur la constante de dissociation des acides orthotoluiques substitués et sur la vitesse d'hydrolyse de leurs esters méthyliques, nous avons préparé les corps suivants, pour la plupart inconnus.

1° *Dérivés nitrés.* — Les acides nitro-3 méthyl-2 benzoïque et nitro-5 méthyl-2 benzoïque sont obtenus conjointement par nitration de l'acide orthotoluique par le procédé indiqué par A. Giacalone ([1]). Cet auteur extrait à l'eau bouillante une partie de l'acide nitro-5 ($C_8H_7O_4N$, F 179°) et sépare l'acide nitro-3 ($C_8H_7O_4N$, F 184°) par transformation du mélange résiduel (F 145°) en chlorures d'acides, cristallisation fractionnée des chlorures, et retour à l'acide par la soude. Nous avons réussi à isoler les deux acides nitrés à partir de leur mélange (F 145°) par précipitation fractionnée, avec un rendement presque quantitatif. La nitration de l'acide orthotoluique par le procédé indiqué conduit finalement à trois parties d'acides nitro-5 pour une partie d'acide nitro-3.

Le nitro-4 méthyl-2 benzonitrile ($C_8H_6O_2N_2$, F 100°) préparé par la méthode de S. Gabriel et A. Thieme ([2]) est transformé par l'acide sulfurique aux deux tiers, à 140°, en une heure et demie, en nitro-4 méthyl-2 benzamide ($C_8H_8O_3N_2$, F 167°) qui n'avait pas encore été isolé. La méthode de Bouveault à l'acide nitreux permet d'obtenir aisément l'acide nitro-4 méthyl-2 benzoïque ($C_8H_7O_4N$, F 153°) ([2]). Par chauffage de cet acide avec l'alcool méthylique légèrement sulfurique on obtient son ester méthylique ($C_9H_9O_4N$, F 76°) inconnu à ce jour.

L'ester méthylique de l'acide nitro-6 méthyl-2 benzoïque, préparé par Gabriel et Thieme ([2]) par l'intermédiaire du chlorure d'acide, s'obtient avec un meilleur rendement par action de sulfate neutre de méthyle sur la solution sodique de l'acide correspondant ($C_9H_9O_4N$, F 50°).

2° *Dérivés aminés.* — Les acides ortho-toluiques substitués dans les positions 3, 4 et 5, par un groupement NH_2 ont été préparés par Jacobsen ([3]), ([4]) par réduction des acides nitrés correspondants par le zinc et l'acide chlorhydrique. Nous avons préféré utiliser la réduction par un courant d'acide sulfhydrique des solutions ammoniacales tièdes de ces dérivés nitrés, ce qui

---

([1]) *Gazz. Chem. Ital.*, 65, 1935, p. 840-844.

([2]) *Ber. d. Chem. Gesells.*, 52, 1919, p. 1079-1092.

([3]) O. Jacobsen et F. Wierss, *Ber. d. Chem. Gesells.*, 16, 1883, p. 1959.

([4]) O. Jacobsen, *Ber. d. Chem. Gesells.*, 17, 1884, p. 164.

évite l'élimination laborieuse des sels de zinc; les rendements sont excellents.

L'acide amino-3 méthyl-2 benzoïque ($C_8H_9O_2N$) fond à 187°. Jacobsen (3), (4) donne F 191°, mais la pureté de son produit est douteuse puisqu'il l'obtient par réduction du mélange (F 145°), déjà cité, des acides nitro-3 et nitro-5 où prédomine l'acide nitro-5. Il semble plutôt que le corps (F 191°) de Jacobsen soit l'acide amino-5 impur, cet acide ($C_8H_9O_2N$) fondant à 196° [Jacobsen (3), (4), Teppema (5)].

L'acide amino-4 méthyl-2 benzoïque ($C_8H_9O_2N$) fond à 165° (4). La réduction par l'acide sulfhydrique gazeux de la solution alcoolique ammoniacale de l'ester méthylique de l'acide nitro-4 conduit à l'ester méthylique de l'acide amino-4 méthyl-2 benzoïque ($C_9H_{11}O_2N$, F 70°) qui n'avait pas été préparé.

L'acide amino-6 méthyl-2 benzoïque ($C_8H_9O_2N$) préparé par la méthode de Gabriel et Thieme (2) fond, non à 125-126° comme l'indiquent ces auteurs, mais à 128° (6). L'ester méthylique, non encore signalé, de cet acide s'obtient par réduction de l'ester nitré correspondant au chlorure stanneux; c'est une huile incolore qui cristallise très difficilement ($C_9H_{11}O_2N$, F 15°5).

3° *Dérivés acétaminés.* — Aucun des dérivés acétaminés n'était connu jusqu'à présent. Nous avons préparé : l'acide acétamino-3 méthyl-2 benzoïque ($C_{10}H_{11}O_3N$, F 213°), l'acide acétamino-4 méthyl-2 benzoïque ($C_{10}H_{11}O_3N$, F 247°), l'acide acétamino-5 méthyl-2 benzoïque ($C_{10}H_{11}O_3N$, F 223°), l'acide acétamino-6 méthyl-2 benzoïque ($C_{10}H_{11}O_3N$, F 189°), tous par action de l'anhydride acétique au bain-marie sur les acides aminés correspondants.

De la même façon, à partir de l'ester amino-6, on obtient l'ester méthylique de l'acide acétamino-6 méthyl-2 benzoïque ($C_{11}H_{13}O_3N$, F 80°).

4° *Dérivés cyanés.* — La méthode au cyanure cuivreux, appliquée aux acides aminés correspondants, nous a conduit aux acides cyanés suivants, tous inconnus à ce jour : acide cyano-3 méthyl-2 benzoïque ($C_9H_7O_2N$, F 209°) acide cyano-4 méthyl-2 benzoïque ($C_9H_7O_2N$, F 195°), acide cyano-5 méthyl-2 benzoïque ($C_9H_7O_2N$, F 149°). Par contre, les différents essais que nous avons tentés pour obtenir de la même façon l'acide cyano-6 nous ont toujours conduit à un acide fondant à 173° que nous avons identifié à l'acide hydroxy-6 méthyl-2 benzoïque ($C_8H_8O_3$), préparé comme l'indiquent F. Mayer et R. Schulze (6) encore que le point de fusion signalé par ces auteurs (F 168°) semble devoir être plus élevé.

L'action de l'alcool méthylique légèrement sulfurique sur les acides cyano-4 et cyano-5 conduit respectivement à l'ester méthylique de l'acide cyano-4 méthyl-2 benzoïque ($C_{10}H_9O_2N$, F 91°) et à l'ester méthylique de l'acide cyano-5 méthyl-2 benzoïque ($C_{10}H_9O_2N$, F 45°).

La méthode au cyanure cuivreux, appliquée à l'ester amino-6, fournit,

---

(5) J. Teppema, *Rev. d. Trav. Chem. d. Pays-Bas*, **42**, 1923, p. 44.

(6) F. Mayer et R. Schulze, *Ber. d. Chem. Gesells.*, 58, 1925, p. 1467.

avec un rendement très faible, l'ester méthylique de l'acide cyano-6 méthyl-2 benzoïque ($C_{10}H_9O_2N$) très difficile à purifier. Après sublimation, F 42°.

Nous continuons nos recherches en préparant les dérivés encore manquants dans les séries étudiées ici, puis les dérivés à groupement substituant halogène, hydroxy, méthoxy ou éthoxy.

MINÉRALOGIE. — *Étude minéralogique de quelques argiles dévoniennes de l'Uruguay central.* Note de M[lle] **Simonne Caillère** et M. **Juan Goñi**, transmise par M. Charles Mauguin.

Par l'intermédiaire de M. Tosi (1), nous avons eu à notre disposition dix échantillons d'argile provenant de Blanquillos, Saint-Ramon de Cañas, Sarandi del Yi, de la section 6 et de la section 13 dans le département de Durazno (Uruguay central). Ils appartiennent à la transgression marine du Dévonien inférieur, probablement à l'horizon de base gréseux et feldspathique.

L'étude de ces matériaux comporte l'identification des fractions phylliteuses ainsi que l'examen des sables.

La phyllite a pu être déterminée directement sur les échantillons initiaux, grâce aux courbes thermiques différentielles obtenues à l'aide du dispositif Saladin-Le Chatelier, en utilisant, pour le chauffage, un four Chévenard à cycle thermique imposé (2).

Toutes les courbes présentent les mêmes accidents. Elles ne mettent en évidence, en dehors du départ de l'eau hygroscopique, qu'un crochet endothermique vers 500° et un exothermique vers 950°. Ces deux inflexions caractérisent nettement la kaolinite. Si les courbes thermiques montrent que la phyllite est de même nature, dans tous les prélèvements, elles mettent en évidence une variation notable de la teneur en constituant phylliteux. C'est ainsi que l'argile de la section 6 apparaît comme une kaolinite presque pure, tandis que l'échantillon n° 10 de la section 13 n'en renferme que très peu.

La quantité de silicate argileux a été précisée à l'aide des courbes thermopondérales. Les pertes de poids subies entre 450 et 700° étant attribuées à la déshydratation de la phyllite. Ci-après sont réunies, pour chaque échantillon, les pertes d'eau de constitution, la teneur en phyllite et la valeur du pH.

(1) Professeur à l'Université de Montevideo.

(2) J. Goni, Résumé des communications du XIX[e] *Congrès géologique international*, Alger, 1952, p. 166.

Nos	Provenances.	Phyllite eau % entre 450 et 700°.	Phyllite % kaolinite.	pH.
1	Blanquillos	6,8	48,2	6,1
2	»	9,2	67	6,2
3	»	7	51,5	7,2
4	Saint-Ramon de Cañas	7,2	52,8	6,8
5	»	9,4	67,1	6,4
6	Sarandi del Yi	8,2	60	6,6
7	»	9,6	70	6,7
8	Section 6	12,8	91,4	6,2
9	Section 13	12,2	90	6,2
10	»	0,6	10	6,4

Étant donnée l'analogie du constituant phylliteux, nous avons cherché à établir des différences d'après la nature minéralogique des sables.

Dans chaque échantillon, la fraction sableuse supérieure à 20 μ a été isolée par sédimentation. Les lots grossiers ainsi recueillis sont formés de minéraux transparents et de couleur claire. Ils ont été utilisés pour confectionner des préparations qui ont été examinées au microscope polarisant en lumière transmise. Les caractères optiques ont permis d'identifier leurs constituants.

D'après la composition minéralogique, on peut distinguer deux types de sables : les uns essentiellement quartzeux comme ceux provenant des argiles des sections 13 et 6, ainsi que celui du n° 7 de Sarandi del Yi. Les six autres sont à zircon avec ou sans tourmaline. Les minéraux accessoires sont peu nombreux, sauf dans le n° 13 où l'on rencontre la staurotide, la fluorine, l'apatite et la sillimanite.

Les minéraux lourds, zircon et tourmaline, se présentent en cristaux dont les arêtes sont émoussées, tandis que le quartz forme des fragments anguleux. L'étude microscopique indique encore que la granulométrie des sables est assez régulière. Sept d'entre eux sont essentiellement formés d'éléments de taille moyenne (0,06 mm); cependant, le sable de l'échantillon n° 1 est très fin (0,02 mm), tandis que celui du n° 2 est grossier (0,1 mm).

Les éléments détritiques d'un même gisement présentent donc des différences, soit de taille comme à Blanquillos, soit de composition comme à Sarandi del Yi, ce qui traduit des perturbations locales au cours du dépôt.

En résumé, les argiles du Dévonien inférieur de la région de Durazno sont caractérisées par une grande uniformité de leurs constituants phylliteux : la kaolinite.

La nature des éléments détritiques associés à l'argile, quartz, zircon et tourmaline, révèle que cette formation provient essentiellement de la

destruction de roches éruptives acides; la participation de roches métamorphiques ne peut être soupçonnée que dans le gîte de Blanquillos (n° 3).

Les roches-mères de ces argiles ont subi une altération chimique et mécanique. La première a affecté les feldspaths qui ont donné naissance à la kaolinite, tandis que, seule, la seconde s'est exercée sur le quartz et les minéraux lourds. Le quartz peu résistant a probablement été brisé et il se présente en fragments anguleux, tandis que les seconds ont conservé leurs formes cristallines initiales en subissant une modification de leurs arêtes.

Si l'agent principal de l'altération mécanique paraît bien avoir été le milieu marin, il est plus difficile de lui attribuer la formation de l'argile kaolinique ([3]). Il semble plus probable d'admettre que les poches d'argile du Dévonien inférieur de l'Uruguay se sont formées postérieurement au dépôt, par l'altération *in situ* des feldspaths. Cette décomposition a sans doute été possible par l'existence d'une nappe d'eau maintenue dans les pores du grès, grâce à la présence au toit de celui-ci, d'une puissante couche de nature argileuse.

GÉOLOGIE. — *Utilisation possible des Polypiers pour la stratigraphie du Malm jurassien.* Note de M. **Marcel Pelletier**, transmise par M. Charles Jacob.

Des recherches récentes ont montré que les Polypiers, correctement déterminés, pouvaient être utilisés comme indices de zone dans le Malm jurassien. La découverte de quelques Ammonites fait prévoir une synchronisation avec l'échelle classique.

Depuis les recherches de l'Abbé Bourgeat sur les formations coralligènes du Jura méridional, on sait que les faciès à Polypiers et les formations oolithiques associées paraissent se déplacer régulièrement du Nord-Ouest au Sud-Est, à mesure qu'on s'élève dans le Jurassique supérieur. C'est ainsi que les récifs atteignent leur apogée au sommet de l'Argovien et au Rauracien dans le Jura franc-comtois, au Séquanien supérieur-Kimmeridgien inférieur à Valfin, au Kimmeridgien supérieur dans le département de l'Ain, au Portlandien inférieur au Salève et, enfin, au Portlandien supérieur dans la région de l'Échaillon. Mais l'Abbé Bourgeat s'est occupé uniquement des faciès coralligènes et s'est contenté de donner en vrac une liste des espèces de Polypiers provenant des diverses lentilles oolithiques de la région de Valfin. Il était permis de penser, à la suite de ses

([3]) G. Millot, *Relation entre la constitution et la genèse des roches sédimentaires argileuses* (*Thèse*, Nancy, 1949, p. 332).

travaux, que l'on pouvait trouver les mêmes espèces à tous les niveaux; de là, vient, sans aucun doute, le discrédit porté par les géologues sur la valeur stratigraphique de ce groupe d'Invertébrés.

Nos recherches, conformément aux vues de J. Alloiteau déduites de ses remarquables résultats sur les Zoanthaires du Crétacé, nous ont montré que les Polypiers, bien déterminés, étaient d'excellents fossiles de zone. Nous avons déjà pu établir une échelle stratigraphique pour le Bajocien [1] et le Bathonien. Il en est de même maintenant pour le Jurassique supérieur, où les lentilles récifales superposées, dans une même localité, renferment des espèces différentes, utilisables localement comme indices de zone. De plus, dans les divers gisements jurassiens qui s'échelonnent dans le temps et dans l'espace, les espèces sont également différentes et, étant donné leur grande répartition, j'ai tenté d'établir une première échelle stratigraphique générale fondée sur les Polypiers.

Parmi les espèces caractéristiques, nous retiendrons, dès maintenant :

1° dans le Rauracien (terrain à chailles) : *Stylina girodi* Et., *St. tubulifera* Phill., *Comoseris irradians* M. E. et J. H., *Dermosmilia divergens* Koby, *Thecosmilia annularis* M. E. et J. H., *Clausastræa parva* M. E et J. H., etc.;

2° dans le Séquanien : *Convexastrea minima* Et., *Stylina tenax* Et., *St. stellata* Et., *Complexastrea rustica* Defr., *Montlivaultia alsatica* de Fr. et Ferry, *Thecosmilia magna* Thurm., etc.;

3° dans le Ptérocérien : *Phytogyra magnifica* d'Orb., *Thecosmilia maxima* Koby, *Diplocœnia cæspitosa* Et., *Dipl. lobata* Et., *Stylina valfinensis* Et., *St. excelsa* Et., *Microphyllia contejani* Et., *Calamophyllia étaloni* Koby, etc.;

4° dans le Virgulien : *Latomeandra plicata* Goldf.. *Microphyllia sæmmeringii* Goldf., *Actinaræa granulata* Münst., *Ovalastrea caryophylloides* Goldf., *Stylosmilia suevica* Beck., etc.

Ainsi, beaucoup d'espèces de Polypiers ont une évolution rapide au cours du Jurassique supérieur et peuvent servir à caractériser des niveaux définis du Malm. Toutefois, de nouvelles études paléontologiques s'imposent, car les déterminations basées uniquement sur les caractères morphologiques s'avèrent insuffisantes; seuls, les caractères tirés de la microstructure fournissent des critères sûrs [2].

Enfin, il paraît possible de synchroniser l'échelle stratigraphique des Polypiers avec l'échelle classique des Ammonites, car on en a découvert quelques-unes, d'une part dans les calcaires oolithiques associés aux récifs, d'autre part dans les couches marno-calcaires qui encadrent les lentilles récifales. C'est ainsi que, dans le Jura franc-comtois, les faciès coralligènes appartiennent aux zones à *Peltoceras transversarium* (Argovien)

---

[1] *Bull. Soc. géol. France*, 6e série, **1**, 1951, p. 221-232, pl. VII.

[2] Dans la liste ci-dessus, seuls ont été mentionnés des génotypes dont la détermination est certaine.

et à *P. bimammatum* (Rauracien). Dans la région de Saint-Claude, on trouve des *Perisphinctes* du gr. *lothari* dans les calcaires oolithiques associés aux récifs, ce qui indiquerait que le maximum de développement de ces derniers se situerait au Séquanien supérieur et au Kimméridgien inférieur. Dans la région de Saint-Germain de Joux, deux masses récifales principales sont séparées par des calcaires marneux renfermant des *Perisphinctes* de la zone à *Streblites tenuilobatus*. Enfin, à l'Échantillon, les Ammonites récoltées dans les calcaires oolithiques sont du Portlandien supérieur.

GÉOLOGIE. — *Le soulèvement du Djebel Mansourah (département de Constantine).* Note de M. **André Caire**, transmise par M. Pierre Pruvost.

Le Djebel Mansourah est un important chaînon des Monts du Hodna *s. l.*, qui s'allonge d'Ouest en Est entre le méridien des Portes de Fer et la route de Bordj-bou-Arréridj, à Msila. Il est constitué en majeure partie de Burdigalien (1) discordant sur une série crétacée monoclinale à plongement Sud. Le Burdigalien, formé d'une alternance de marnes et de puissants bancs gréseux, est ployé en un large bombement compliqué de flexures et de failles. Certains de ces accidents s'ordonnent dans une direction approximativement E-W, d'autres sont franchement obliques à l'axe du bombement et témoignent de structures anciennes. Cependant, ces accidents ne rompent pas l'unité de structure du massif.

Celui-ci est recouvert sur une grande partie de sa bordure septentrionale par les nappes de glissement de la zone sub-bibanique (2). Près de Mansourah-les-Biban, le contact du Miocène autochtone avec les unités de recouvrement se fait par faille verticale. J'ai admis (3) que l'évolution tectonique du Djebel Mansourah était comparable à celle du bombement Dj. Choukchot-Forêt de Batite : peut-être ébauché lors du glissement des unités de recouvrement inférieures A et B (2), le soulèvement des deux massifs ne s'est achevé qu'après la mise en place de ces unités, ces dernières ayant d'ailleurs pu se remettre en marche sous l'effet des déformations de l'autochtone (4).

Il faut rappeler qu'après leur décollement, les nappes de glissement

(1) L. Glangeaud, A. Aymé, A. Caire, M. Mattauer et P. Muraour, XIXe *Congrès géologique international*, *Mon. rég.*, 1re série, n° 25, 1952, p. 96.

(2) A. Caire, *Bull. Soc. Géol. Fr.* (6), **1**, 1951, p. 721.

(3) *Bull. Serv. Carte géol. Algérie : « Travaux récents des collaborateurs »*, fasc. III, 1952, p. 17.

(4) Les unités A et B se résolvent elles-mêmes en de multiples écailles qui seront décrites dans : Les unités tectoniques de la zone sub-bibanique, *Soc. Hist. Nat. Doubs*, **56**, 1952.

s'étaient empilées dans la partie méridionale de la zone sub-bibanique et s'étaient étalées plus ou moins loin vers le Sud. Lors du glissement de l'unité C (Medjanien) dont les lambeaux sont actuellement cantonnés dans la zone sub-bibanique, la partie Nord occidentale des Monts du Hodna devait jouer le rôle de seuil tectonique. Des masses de sédiments plastiques ont pu déborder le seuil et progresser sur leur avant-pays, recouvrant un talus dont la topographie de détail reste à préciser, mais qui, dans son ensemble, s'inclinait vers le Hodna. Par la suite, le seuil s'est accentué; les divers chaînons occidentaux des Monts du Hodna se sont progressivement soulevés; leur couverture allochtone a glissé dans les dépressions tectoniques et l'on observe actuellement, entre certains de ces chaînons, des klippes qui doivent être rattachées aux nappes de glissement de la zone sub-bibanique.

Les beaux travaux des géologues de la S.N.R.E.P.A.L. ont permis de découvrir une nouvelle unité de recouvrement affleurant entre le barrage de l'Oued Ksob et Msila ([5]). Il est permis d'admettre, avec les auteurs de la découverte, que cette unité est un lambeau des nappes de glissement sud-telliennes. Vient-elle de la région des Monts du Hodna ou de la zone sub-bibanique ? Il est encore difficile de répondre. Mais il faut noter que ces nappes descendent, au Sud-Est de Si-Aïssa, jusqu'à la latitude du barrage de l'Oued Ksob. On peut donc considérer la partie occidentale des Monts du Hodna comme une demi-fenêtre. Le soulèvement du Djebel Mansourah et des Monts du Hodna est en partie contemporain de la mise en place des nappes sud-telliennes, mais il a certainement pris fin après la phase de glissement généralisé qui caractérise la partie méridionale du Tell, au Nord du Hodna.

GÉOLOGIE. — *Sur quelques points de la stratigraphie et de la structure de l'Anthracolithique dans la zone maritime du Nord Vietnam.* Note de M. **Edmond Saurin**, transmise par M. Charles Jacob.

Si l'on excepte la mention de calcaires ouraliens à *Pseudostaffela quadrata* découverts par E. Patte aux abords de la Cat-Ba ([1]), aucun repère paléontologique précis n'a jusqu'ici été signalé dans les îles calcaires des baies d'Along et de Faï-Si-Long et dans les collines analogues situées sur le rivage. La présence de Fusulines y a bien été citée ([2]), mais celles-ci n'ont jamais été déterminées ni localisées. Mes recherches actuelles apportent quelques précisions à ce sujet.

([5]) S. N. Repal, XIX[e] *Congrès géologique international. Livret guide des excursions* A 14 et C 13, 1952, p. 25-27 et 33.

([1]) E. Patte, *Bull. Serv. Géol. Indochine*, 16, I, Hanoï, 1927.

([2]) J. Deprat, *Comptes rendus*, 165, 1917, p. 638; F. Blondel, *Bull. du Bureau d'Études Géol. et Min. coloniales*, Paris, 1933, p. 108.

Dans le groupe des Iles Norway, celle qui porte le phare est formée de calcaires à Polypiers et de calcaires à *Millerella* sp., *Pseudostaffela* sp., *Nankinella* sp. Le premier de ces genres de Fusulinidés, non encore signalé en Indochine, se trouve du Moscovien supérieur à l'Ouralien supérieur; le dernier a une grande extension (de l'Ouralien inférieur au Permien moyen); mais le second paraît cantonné dans l'Ouralien moyen, à quoi peuvent donc se rapporter les calcaires précités.

A 4 km à l'Ouest des Mines de Campha, la colline calcaire, située à la bordure Nord de la route n° 18 et dernier témoin oriental de la masse du Déo But, montre des bancs qui, plongeant vers le Nord, s'enfoncent sous le Mésozoïque à charbon. Les bancs inférieurs contiennent : *Schuchertella Giraudi*, *S. minima*, *Triticites parvulus*, *T. minimus*, *Rugofusulina prisca*, *Pseudofusulina alpina*, *Schwagerina tschernyschewi*, *Pseudoschwagerina* (*Zellia*) *herritschi*. Il s'agit donc du niveau à *Zellia*, placé dans le Permien nférieur. Au-dessus, les Pseudoschwagerines disparaissent et l'on trouve *S. tchernyschewi*, *Triticites truncatus*. Les bancs terminaux enfin, au contact des conglomérats noriens renferment *Quasifusulina longissima* var. *compacta*.

Le rocher de Hongay est formé de calcaires contenant, avec des Gastropodes, Brachiopodes et Bryozoaires, des Foraminifères appartenant aux genres *Glomospira*, *Padangia*, *Geinitzina*. Mais un banc assez réduit, charbonneux, à Fusulinidés, s'intercale vers la base de cette masse et contient presque exclusivement *Staffela inflata*, caractéristique du Permien moyen et supérieur.

L'existence de dépôts « gréseux » permiens à *Productus graciosus*, entre les calcaires anthracolithiques et les terrains à charbon, a été signalée à Hongay, dès 1917 par J. Deprat (3). Les fossiles en provenant ont été décrits par Mlle Colani (4) qui, sans plus de précision, concluait, à leur âge « ouralopermien ». En fait, ces « grès » ne sont qu'un faciès de décomposition de phtanites, couches siliceuses, supérieures aux calcaires de la Baie d'Along, qui surmontent, à Hongay même, le Permien calcaire à *Staffela inflata* et appartiennent au Permien supérieur. Elles sont bien développées à Hongay et dans l'Ile aux Buissons. Sur tout le littoral Sud de cette dernière, on observe en effet, des phtanites fins, gris clairs, parfois altérés et prenant alors le faciès gréseux. Formés de grains très fins de silice, de silice amorphe et de matière charbonneuse, ils sont parfois entièrement constitués de spicules d'Éponges et contiennent, en outre, des restes de Bryozoaires, d'Oursins, de Crinoïdes et de rares Gastropodes (*Trochonema* sp.).

---

(3) J. Deprat, *loc. cit.*

(4) *Bull. Serv. Géol. Indochine*, 6, V, Hanoï, 1919.

A l'Est de la baie de Port Courbet, à Hongay, ces phtanites, les couches décomposées fossilifères mentionnées par Deprat, se suivent au pied du rocher de Hongay et sur le mamelon de l'hôpital; ils y contiennent des Foraminifères (*Nodosinella* sp.), puis disparaissent peu à l'Est sous les grès à charbon. On les retrouve près de Campha Mines à l'état de débris entre calcaires du Permien inférieur et conglomérats triasiques et également à l'état de fragments emballés dans la brèche calcaire visible à ce contact. Ces phtanites, généralement lités en petits bancs, mais hachés de cassures et de plans de schistosité subverticaux sont dirigés Nord-Est, ils plongent vers le Nord-Ouest. Ils sont donc concordants avec les calcaires anthracolithiques qu'ils surmontent et dont témoigne à leur abord le rocher de Hongay. Mais ils sont toutefois moins inclinés que les bancs calcaires et leurs nombreuses cassures montrent qu'ils se sont comportés d'une façon plus rigide lors des mouvements qui ont plissé l'ensemble. Ces mouvements ont amené à la colline du kilomètre 4 de Campha, la déformation de brèches calcaires tectoniques avec débris de phtanites et l'affaissement probable, par faille, du niveau à *Staffela inflata*, qui, là, n'affleure pas. Ces phtanites sont surmontés en discordance par les grès et conglomérats du Norien.

Dans l'Ile aux Buissons, on peut observer, notamment sous la grande caserne qui domine Va Chaï, que ce contact se fait là par l'intermédiaire d'une couche de minerai de fer, intercalée entre phtanites à tiges de Crinoïdes et conglomérats triasiques. Ce fer, oligiste et limonite, tenant de 34 à 80 % de Fe_2O_3, contient aussi de 6 à 12 % d'alumine, c'est donc un fer bauxitique témoignant d'une surface d'émersion. Et l'on relève ainsi l'analogie stratigraphique avec la région de Langson où des phtanites permiens à Foraminifères et spicules d'Éponges surmontent des calcaires du Permien inférieur ([5]) et où les bauxites représentent un équivalent du fer de l'Ile aux Buissons.

On peut en déduire la constance du niveau siliceux terminal du Permien dans l'Est du Tonkin ainsi que la généralité d'une émersion post-permienne ayant suivi des mouvements post-permiens et anté-noriens, mouvements qui, par endroits, ont pu rejouer au Norien.

GÉOGRAPHIE PHYSIQUE. — *Dépôt actuel de varves lacustres en Normandie.* Note de M. **André Journaux**, présentée par M. Emmanuel de Margerie.

L'Électricité de France a procédé cette année à la vérification de deux barrages situés sur la Sélune, à la Roche-qui-Boit et à Vézins (10 km au

([5]) E. Saurin, *C. R. Somm. Soc. Géol.*, Paris, 1949.

Sud-Est d'Avranches). Ces deux réservoirs mis en eau en 1920 et 1932 ont été vidés pour la première fois en 1952, ce qui nous a permis d'y étudier la sédimentation.

La Sélune a un bassin-versant de 725 km², établi principalement dans les Phyllades de Saint-Lô (Briovérien), métamorphisées ou non, et dans le granite. Le débit moyen naturel a été de 11 m³ sec pour la période 1920-1942 (¹). Le réservoir de Vézins, le plus important, a 14 km de long, une capacité totale de 19 millions de mètres cubes, et une hauteur d'eau maximum de 31 m. C'est dans les environs du barrage qu'il nous a été donné d'observer de très belles varves dans la vase déposée sur les versants ayant une pente de 40°, et sur le fond. L'épaisseur de la couche de vase varie de 1 à 30 cm suivant la pente et la topographie antérieure au remplissage, le maximum étant atteint dans les anciens chemins creux et à l'abri de contre-pentes. L'épaisseur de la vase est facile à mesurer, car elle repose sur le tapis végétal de 1932 non encore disparu ou sur des dalles de pierre.

La stratification est, généralement, la suivante : deux échantillons prélevés près du lit de la rivière à 50 m du barrage ont montré chacun 20 varves, correspondant aux 20 années, d'une épaisseur totale de 68,4 et 82,5 mm. Les varves sont donc annuelles. Chacune d'elles est composée d'un lit clair et d'un lit foncé, ce dernier montrant à la base une concentration en fer importante. Les sédiments des lits clairs sont formés d'éléments organiques et minéraux un peu plus grossiers que les fines argiles humifères et ferruginisées des lits foncés. L'analyse chimique est en cours.

En portant sur un graphique en abscisse le temps, et en ordonnée l'épaisseur de chaque lit, les courbes obtenues montrent une série en dents de scie parfaitement concordantes entre plusieurs échantillons. Nous avons voulu comparer ces variations avec celles des pluies dans la région, grâce aux relevés opérés chaque jour au barrage depuis sa construction (²). Nous avons porté en ordonnée le total des pluies de chaque année (du 1er mars à la fin de février, afin de comprendre en entier la saison pluvieuse), et l'épaisseur totale de chaque varve : les variations des deux courbes sont rigoureusement parallèles pour l'échantillon le mieux situé (dans l'axe de la vallée, sur un replat horizontal, à l'abri de toute perturbation dans la sédimentation).

La formation des varves est assez localisée. En remontant les pentes,

(¹) D'après l'*Atlas hydroélectrique de France*, édit. Chambre Syndicale des Forces hydrauliques, Paris.

(²) D'après les relevés faits au barrage de Vézins par la Société des Forces Motrices de la Sélune, puis l'E. D. F.

elles disparaissent rapidement vers la cote — 12 m (par rapport au niveau moyen du réservoir), et elles font place à une vase homogène contenant de nombreux débris végétaux. Il semble donc qu'une profondeur de 12 m au moins soit nécessaire pour faire apparaître la stratification varvée.

En remontant le cours de la Sélune, près des ponts des Biards, ce minimum est à peine atteint dans l'axe de la vallée : aussi n'y a-t-il aucune varve sur les versants, et seulement un début de stratification sur le fond recouvert par 30 cm de vase noirâtre, où se distinguent quelques nodules ferrugineux en voie de formation.

Quant au second réservoir, le plus ancien, celui de la Roche-qui-Boit, la hauteur d'eau n'atteint que 11 m au maximum : il n'y a aucune varve.

En conclusion, la formation actuelle en Normandie de varves annuelles, qui ont pu être très exactement datées et mesurées, pose à nouveau le problème de leurs relations avec l'origine de certains sédiments. Après une étude sur les varves récentes du lac de Genève et les varves anciennes et tillites de Cobalt et de Squantum, Léon W. Collet affirmait : « La présence de varves indiscutables peut grandement faciliter la solution du problème de l'origine glaciaire de certains conglomérats même en l'absence de cailloux striés et de bedrock cannelé ou strié ». Pour cet auteur, les varves actuelles ne pouvaient qu'être liées à des fleuves à régime glaciaire. Cependant, W. H. Bradley (4) a étudié des argiles laminées d'âge éocène dans le bassin du Wyoming, aux États-Unis; et des cas semblables ne sont pas rares dans les fossés de la Limagne (L. Dangeard), de la Bresse (J. Goguel), ou de l'Alsace (M. Gignoux et C. Hoffmann) : preuve que l'alternance des lits n'est pas liée à un climat particulier. Malgré tout, les varves lacustres régulières sont rapportées par les auteurs à une origine glaciaire. W. A. Johnston (5) précise que les sédiments fins doivent rester en suspension tout au long du printemps et de l'été avant de se déposer et que seules les différences de densité permettent la diffusion sur toute la surface du lac de l'eau du tributaire plus légère que l'eau du lac. Il en conclut que, généralement, seule la proximité d'un glacier favorise la réunion de ces conditions.

Or, on peut affirmer, d'une part, que de véritables varves peuvent se déposer actuellement, sans aucune liaison avec des glaciers ou des rivières à régime glaciaire. D'autre part, il s'agit bien de varves litées, litage direct, au sens de M. Bourcart (6), dû au mécanisme même de la sédimentation,

---

(3) *C. R. Congrès Int. de Géogr.*, Paris, 1931, p. 374-377.
(4) *U. S. Geol. Survey, Prof. Papers*, 158, 1929, p. 87-110.
(5) *Am. Journal Sci.*, 4, 1922, (5), p. 391.
(6) *C. R. somm. Soc. Géol. Fr.*, 1944, p. 75-77.

avec non pas interruption totale de celle-ci, mais influence des variations granulométriques, dont les différences de densité des eaux peuvent rendre compte en partie, et des pressions exercées sur des fonds supérieurs à 12 m.

GÉOGRAPHIE PHYSIQUE. — *Influence du sens des circulations aquifères sur le creusement des avens des Plans de Canjuers (Var).* Note (*) de M. **Philippe Renault**, transmise par M. Pierre Pruvost.

Rôle primordial des crues et du relévement de la surface aquifère dans le creusement des avens de corrosion et d'érosion. Rôle de l'érosion remontante dans les avens d'érosion. Fonctionnement hydrologique du polje.

Dans une Note précédente [1] nous avons distingué des avens d'érosion et des avens de corrosion sur les Plans de Canjuers (Var). Une observation nouvelle nous permet de compléter la théorie de Cvijic [2] sur l'importance des mouvements aquifères verticaux dans le sous-sol des poljes.

1° Dans les *avens de corrosion*, dus aux oscillations lentes de la surface aquifère, le creusement principal s'est effectué lors des fortes précipitations déterminant les crues souterraines. L'eau acide venue de la surface possède alors une agressivité importante. Au stade de décrue, l'eau saturée de bicarbonates dépose les résidus argileux de décalcification.

2° Dans les *avens d'érosion*, le creusement mécanique s'effectue également lors des crues. Nous avons noté au Grand Aven de Canjuers, à — 90 m et à — 250 m, des « vagues d'érosion » indiquant une *érosion remontante*. Cette dernière a effectué les principaux creusements mécaniques. L'érosion descendante se marque uniquement par quelques surcreusements et marmites de géant locales.

Le fonctionnement de certaines résurgences remontantes [3] avait déjà montré l'existence de ce mécanisme. Mais, jusqu'ici, on n'avait pu suivre par les marques de striage la marche remontante des eaux dans le sous-sol d'un polje.

Il s'agit là d'un processus difficile à concevoir pour qui a été nourri de la conception classique de l'aven évacuant sous terre le ruissellement aérien du bassin fermé. Il faut considérer le pouvoir absorbant de la bordure du polje de Canjuers. Latéralement, de belles dolines en baquet s'observent 200 et 400 m au-dessus du fond de la dépression. Les avens de corrosion connus s'échelonnent sur 50 m au-dessus de l'unique aven d'éro-

(*) Séance du 10 décembre 1952.

(1) *Comptes rendus*, 235, 1952, p. 1519.

(2) *Trav. Inst. Géogr. Alpine* (Grenoble), 6, 1918, p. 376.

(3) A. Bourgin, *Ann. Spéléo.*, 1, 1946, p. 31-42 et P. Ageron, *Bull. Com. Nat. Spéléo.*, 1, 1951, n° 4, p. 62-65.

sion. En outre, les premières galeries horizontales d'écoulement se rencontrent à la profondeur de 250 m. Il est facile de voir que, sur la bordure du plan, le ruissellement rapidement souterrain alimentera d'abord le réseau d'évacuation profond. La résurgence étant rapidement engorgée, l'eau viendra ressortir au point le plus bas du polje. L'importance des charges latérales explique la rapidité de l'eau impliquée par la vitesse d'écoulement nécessaire au striage. Dans les élargissements, l'écoulement sera moins rapide, mais les coups de béliers et oscillations en masse détermineront des effondrements. En surface, les eaux s'épancheront amenant la formation d'un lac temporaire. A la décrue, les charges étant plus faibles, l'érosion sera moins importante.

En développant cette théorie, on peut se demander si le creusement d'un polje exige une résurgence importante. A titre d'hypothèse, nous admettrons que sous-jacent au réseau de circulation en galerie, un réseau de fentes alimente les résurgences de bordure d'un débit plus faible que les possibilités d'absorption du polje. Ces résurgences se développeront si l'alimentation et la structure le permettent. En attendant, elles évacueront lentement les réserves accumulées lors des crues, le creusement principal s'effectuant sous le polje lors des mises en charge.

Cette théorie complique le schéma de la rivière souterraine tel qu'il a été défini par Martel. La rivière souterraine analogue à la rivière aérienne se rencontre dans les « percées hydrogéologiques » réunissant une perte alimentée par un cours allochtone et une résurgence. L'exsurgence (Fournier) constitue un type mixte où la rivière souterraine est alimentée par un réseau de fentes amont. L'hydrographie du polje est encore plus complexe. Sous le polje, à l'amont du réseau karstique, le réseau de fentes a été transformé en réseau d'écoulement fonctionnant *per ascensum* lors des crues. A l'aval du polje, le réseau fonctionne en exsurgence normale.

PHYSIQUE DE L'ATMOSPHÈRE. — *La stratification* $F_{1,5}$ *à Dakar et le mouvement du Soleil.* Note (*) de M. **François Delobeau**, présentée par M. Jean Cabannes.

Au cours de la journée, la région F de l'ionosphère comporte normalement deux couches distinctes F_1 et F_2. La couche F_1 existe dès que le Soleil culmine à plus de 45°. Une stratification supplémentaire fait très souvent son apparition dans les régions subtropicales. Elle a été dénommée $F_{1,5}$ dans la nomenclature du Service de Prévision ionosphérique militaire, afin de conserver la terminologie des couches habituelles [1].

(*) Séance du 10 décembre 1952.

[1] F. Delobeau, E. Harnischmacher et F. Oboril, *Revue Scientifique*, n° 3305, 1950, p. 17.

La répartition de cette stratification dans le temps ne possède pas la régularité de celle de F_1. Ses heures de présence et son importance varient considérablement, d'une heure, d'un jour à l'autre au cours de l'année. Son existence entraîne un abaissement notable du degré d'ionisation maximum de la couche F_2 et même de celui de F_1.

Nous nous proposons de mettre en évidence pour Dakar, l'influence des périodicités diurne et saisonnière du Soleil sur sa loi de fréquence dans le temps.

Des difficultés surgissent dès que l'on veut établir cette loi, la séparation en altitude des trois couches étant très rarement complète. Il en résulte une impossibilité presque permanente de mesurer la fréquence critique, et la hauteur virtuelle minimum de $F_{1,5}$. Pendant le développement de cette couche, la région F s'épaissit donnant lieu à de très forts retards sur les enregistrements $h'(f)$ en sondages verticaux. $F_{1,5}$ a été considérée comme formée dès que ces enregistrements présentent un léger changement de concavité, toujours lié à un épaississement décelable de la trace, indice de parcours suffisamment différents pour les composantes ordinaire et extraordinaire.

Les graphiques sont établis pour la période comprise entre juillet 1949 et juillet 1952.

La figure 1 donne le nombre d'apparitions de $F_{1,5}$ pour chaque heure T. L. M. On a décompté séparément les mois d'été, d'hiver et d'équinoxes. Les diagrammes sont très sensiblement homothétiques avec un maximum à 12 h. La couche se maintient plus longtemps l'après-midi que le matin.

La figure 2 reproduit la variation annuelle. On a déterminé pour chaque mois le nombre de jours de présence de $F_{1,5}$, nombre qui, divisé par le nombre des jours du mois, fournit un rapport caractéristique (courbe A). On a tracé les courbes limites B et C, indiquant la marge maximum d'erreur possible du fait des pertes de mesures inévitables pendant les trois années. Leur écart mesure le rendement de la station de ce point de vue.

Aux environs du solstice d'été les apparitions sont quotidiennes. Elles sont minima au solstice d'hiver. La période est encore insuffisamment longue pour donner une idée de l'influence du cycle solaire, par l'introduction des moyennes glissantes qui paraissent suivre jusqu'ici la décroissance des nombres R. On note également une séparation en altitude de moins en moins accentuée. La variation de la hauteur méridienne à Dakar, est représentée conjointement. La courbe A semble reproduire avec un léger retard les deux maxima de cette hauteur méridienne de 15 mai et du 15 août.

Des aperçus du même ordre ont déjà été donnés pour Singapour (1949) [2]. L'évolution saisonnière du phénomène (thick layer) montre deux maxima en

(2) B. W. OSBORNE, *J. Astra. Terr. Phys.*, 12, n° 1, 1951, p. 70.

janvier et juillet, et deux minima peu après les équinoxes. Ce fait se reproduit en 1951. Singapour étant sensiblement sur l'équateur géographique il est normal d'obtenir une variation biannuelle. Celle-ci est toutefois en opposition

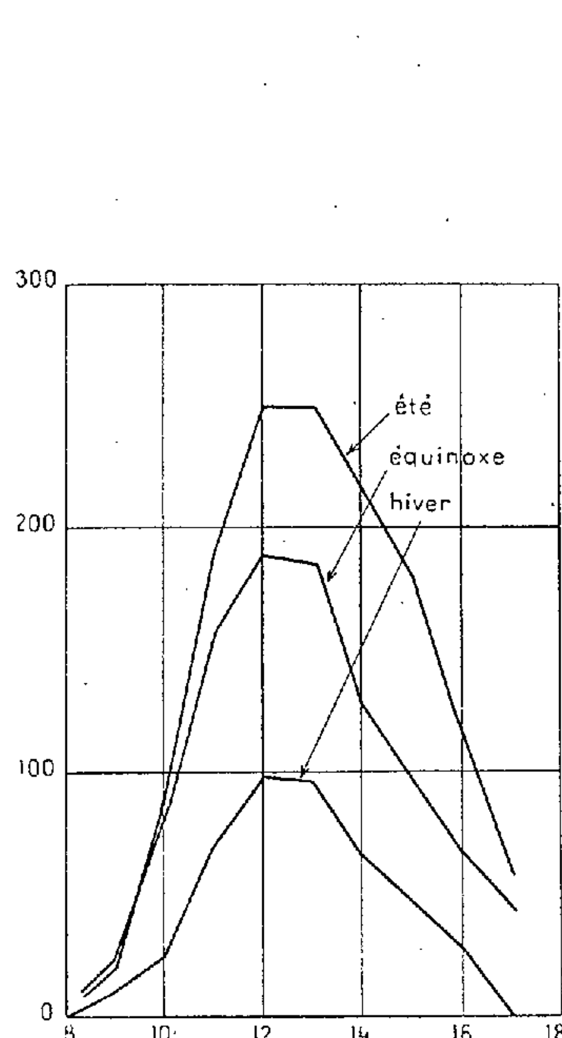


Fig. 1.

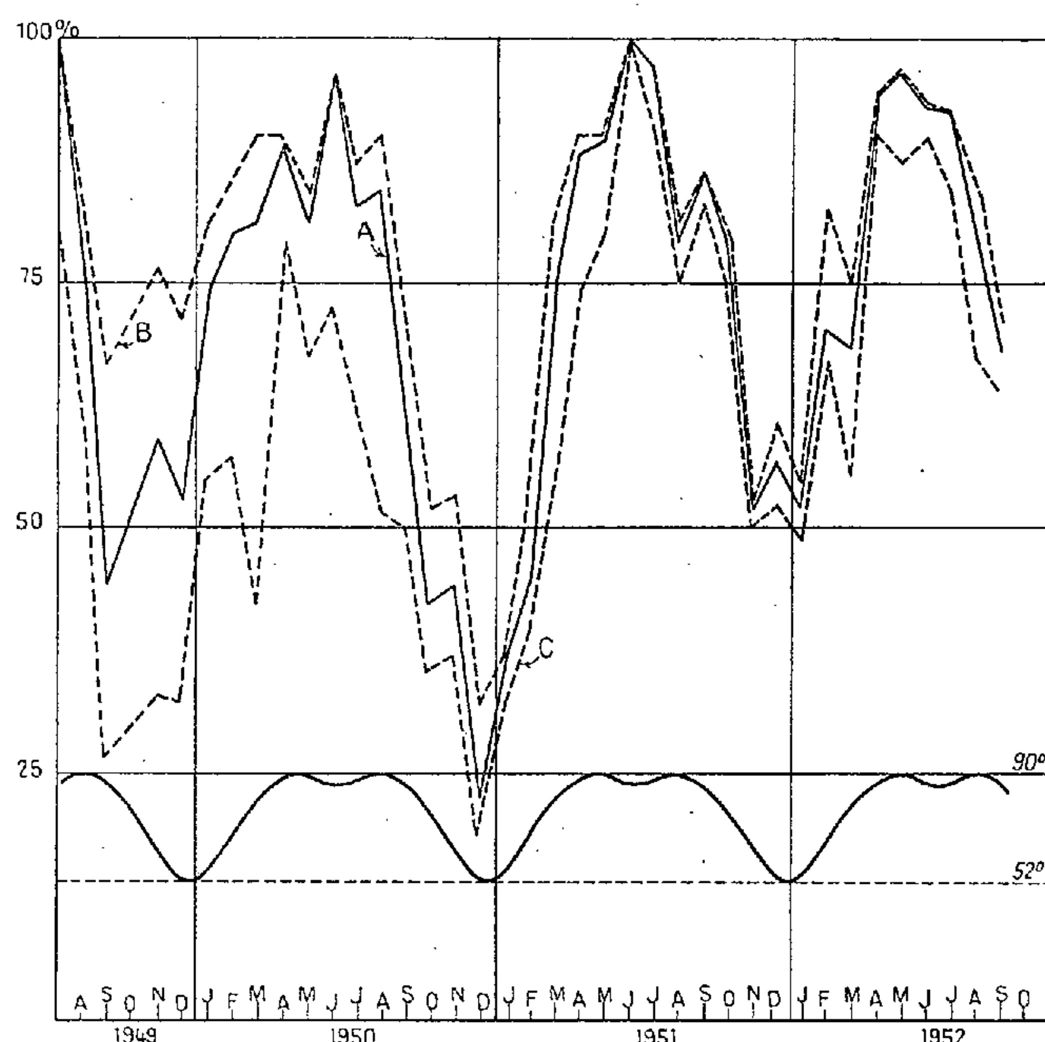


Fig. 2.

Fig. 1. — Répartition horaire de $F_{1,5}$ (Heures TLM).
Fig. 2. — Présence mensuelle de la couche $F_{1,5}$ à Dakar.

de phase avec celle que l'on pouvait espérer par comparaison avec Dakar, où la fréquence des apparitions suit bien le mouvement du Soleil. Si l'existence de $F_{1,5}$ peut s'expliquer par d'importants mouvements d'ions au-dessus de la zone équatoriale ([3]), il apparaît que leur régime diffère selon les régions et qu'il y a lieu de faire intervenir les caractéristiques magnétiques. Des résultats semblables pour de nombreuses stations, permettraient de juger de l'effet de ces caractéristiques.

MÉTÉOROLOGIE. — *Sur la microstructure et la précipitation artificielle d'un brouillard surfondu.* Note de M. **Henri Dessens**, présentée par M. Charles Maurain.

De rares aiguilles de glace se forment naturellement dans un brouillard urbain surfondu dont la température est de l'ordre de — 5° sans altérer sa stabilité. Par contre, la précipitation d'un tel brouillard a été obtenue sur 2 km² en dispersant 100 g d'iodure d'argent; description de la précipitation et données quantitatives sur l'expérience.

(3) A. G. Mc Nish, *Proceedings of the Conference on Ionospheric Physics*, **2**, State College, Pensylvanis, 1950.

L'expérience porte sur un brouillard d'inversion s'étendant sur la Limagne, du 9 au 10 décembre 1952, dans les conditions suivantes :

	le 9 (21 h).	le 10 (7 h).
Température, Puy de Dôme, altitude 1 465 m....	+ 1°	— 1°
Les Landais (Clermont), altitude 400 m.........	— 5°	— 7°
Humidité relative mesurée, Les Landais.........	0,95	0,98
Visibilité, Les Landais........................	400 m	50 m
Niveau supérieur du stratus....................	800 m	600 m

L'analyse du brouillard, en vision ultramicroscopique, révèle la présence constante de quelques rares particules glacées : aiguilles de glace (*fig.* 1 *a*) ou cristaux asymétriques ([1]). Ces particules abandonnent, après sublimation, des résidus variés assez gros. Au-dessus du stratus (observations au Puy de Dôme par P. Roche), l'atmosphère est limpide, sans nuages; les cristaux se sont donc formés dans un brouillard dont la température ne s'abaisse guère au-dessous de — 5°. Ce fait est en contradiction avec plusieurs études de laboratoire et le mécanisme de ces congélations précoces est inconnu ([2]).

Le 10 décembre, au lever du jour, l'épaisseur du stratus est comprise entre 200 et 250 m. L'air est toujours très limpide au-dessus de lui (Mont Blanc visible du Puy de Dôme, à 300 km). Le vent au sol est nul, mais des fumées provenant de foyers situés vers 1000 m d'altitude sont entraînées vers l'Est-Sud-Est. Les observations et opérations suivantes ont été effectuées :

7 h 18-8 h 15 : station des Landais, dispersion de 100 g d'iodure d'argent par un générateur au sol, suivant la technique décrite par B. Vonnegut ([3]);

7 h 30 : apparition dans le brouillard de nombreux petits cristaux de glace aux environs de la station;

7 h 50 : début d'une précipitation dont la densité augmente rapidement; en 15 m le sol devient blanc;

8 h : le brouillard se dissipe, le Soleil apparaît par instants;

9 h : le brouillard se rétablit par le Nord-Ouest.

La précipitation est constituée par des cristaux d'apparence rectangulaire (*fig.* 1 *b*), de 0,08 mm de rayon moyen, à rapprocher des colonnes hexagonales ([1]). Les associations entre cristaux ou cristaux et gouttelettes n'apparaissent pas.

Les limites de l'aire de précipitation (sol complètement recouvert) étant extrêmement nettes (discontinuité sur 10 à 25 m), la carte a pu en être établie avec précision grâce à l'aide de A. Roche et R. Soulage (*fig.* 3).

([1]) *Final Report, Project Cirrus*, 1948, p. 31.
([2]) C. Lafargue, *C. R. Soc. Sc. Nat. Maroc*, 3, 1952, p. 69.
([3]) B. Vonnegut, *Final Report, Project Cirrus*, 1951, p. 36.

Les données suivantes ont été mesurées directement :

Aire de pleine précipitation, 2 km²;

Volume du stratus au-dessus de cette aire, 0,5 km²;

Nombre approximatif de particules précipitées, 100 par millimètre carré;

Rayon moyen des noyaux d'iodure (microscope électronique), 0,10 μ.

Ces données permettent les évaluations suivantes :

Hauteur moyenne d'eau précipitée, 0,2 mm;

Poids total d'eau précipitée, 400 t;

Poids d'eau précipitée par mètre cube de nuage supposé immobile, 1 g;

Nombre de noyaux d'iodure pour 100 g de produit, 10^{15} à 10^{16};

Nombre total de cristaux précipités, 2.10^{14}.

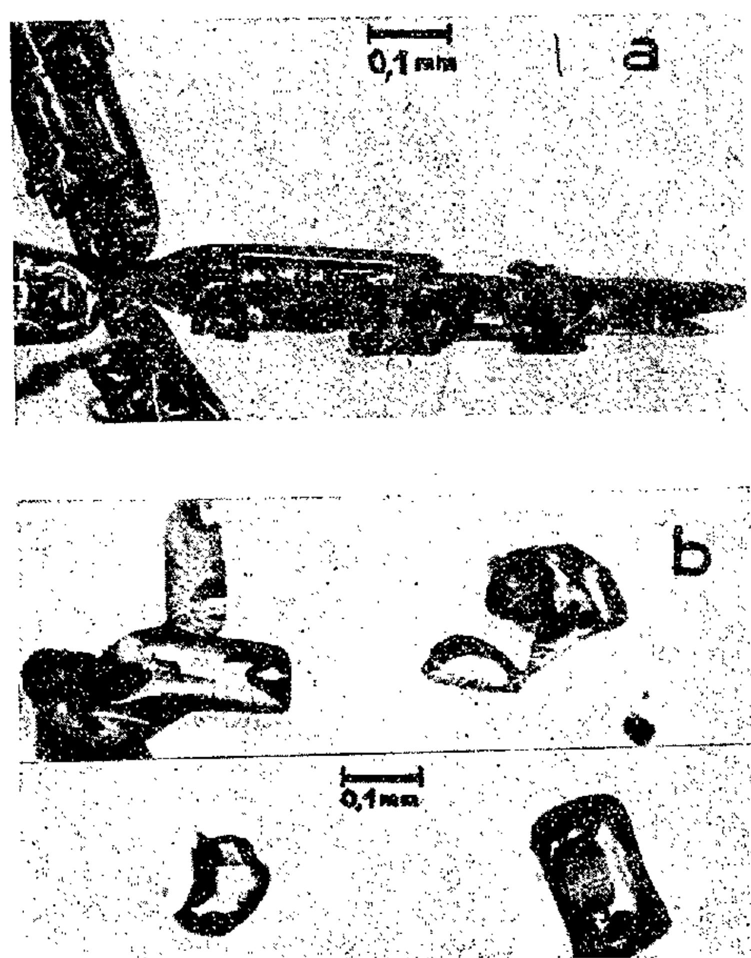


Fig. 1.



Fig. 2.

L'évaluation du nombre des noyaux d'iodure est la plus incertaine, la mesure des dimensions n'ayant pas été effectuée au moment de l'expérience. Les limites indiquées étant douteuses, il n'est pas impossible que tous les noyaux émis aient participé à la formation des cristaux. Comme le brouillard semblait continu au delà des frontières de l'aire de précipitation, nous pensons que ces frontières constituent la limite d'action des noyaux; les petites dimensions de cette aire s'expliquent par le fait que l'émission a eu lieu dans le sein même du nuage. Enfin, les effets prévus d'une surinsémination (4) n'ont pas été observés.

---

(4) *Tellus*, **1**, n° **1**, 1949, p. 1.

L'ensemble de ces contrôles ne laisse aucun doute sur la cause du phénomène : les noyaux d'iodure ont réagi comme dans nos cuves à nuages; le processus de Bergeron ([4]) (transfert de l'eau des gouttelettes surfondues aux cristaux formés sur les noyaux par l'intermédiaire de la vapeur) semble avoir joué un rôle essentiel.

Bien que les techniques d'insémination des nuages soient encore au stade expérimental, nous estimons qu'il serait déjà possible de dissiper sur une aire réduite (aérodrome) tout brouillard dense par vent faible et température inférieure à — 5°.

PALÉONTOLOGIE. — *Sur la présence d'une nouvelle espèce d'Hyracoïde dans le Pliocène de Montpellier.* Note de MM. **Jean Viret** et **Erich Thenius**, transmise par M. Charles Jacob.

L'ordre des Hyracoïdes, d'origine africaine, aujourd'hui encore essentiellement limité à ce continent, a envahi l'Eurasie au Pontien. Deux découvertes de documents fossiles, bien que fragmentaires, prouvent que le genre *Pliohyrax* a vécu en France du Pontien au Pliocène.

L'un de nous (J. V.) a eu l'occasion de signaler ici même ([1]) la rencontre inattendue d'un représentant de l'ordre des Hyracoïdes, *Pliohyrax rossignoli*, dans le gisement de lignites de Soblay (Ain), ce qui accentuait le « cachet africain » de cette faune pontienne. En même temps, il soulignait les ressemblances dentaires entre ce *Pliohyrax* et une forme du Quaternaire ancien de Chine, précédemment classée parmi les Ancylopodes, *Postschizotherium.* Dans sa conclusion, il supposait que les Hyracoïdes venus d'Afrique au Pontien, avaient gagné l'Asie mineure, d'où ils avaient « poussé des incursions, probablement assez brèves, non pas seulement en Grèce, mais jusqu'aux extrémités occidentales du continent eurasiatique ».

Un document nouveau (*figure* ci-contre) nous oblige à rectifier et à compléter la phrase précédente.

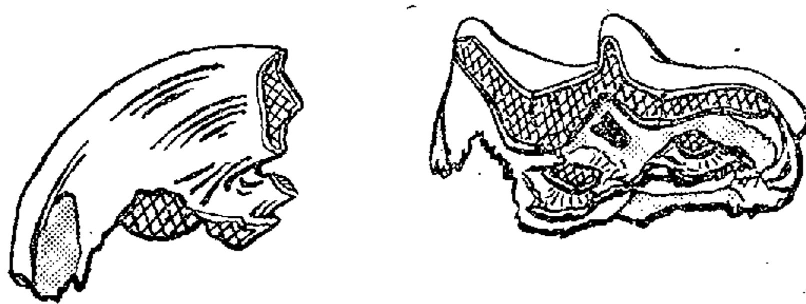
En effet, de passage à l'Université de Lyon, M. E. Thenius, examinant attentivement un tiroir d'échantillons des Sables de Montpellier, y a trouvé une dent qu'il n'eut pas de peine à reconnaître pour une arrière-molaire supérieure de *Pliohyrax.*

L'authenticité de cette pièce n'est pas douteuse, avec une étiquette de la main de Gennevaux. La patine de l'émail est conforme à celle des dents de Rhinocéros du même gisement. L'étiquette portant la mention *Paleotherium?* exprime la surprise de Gennevaux de rencontrer dans un gisement pliocène une telle dent. Cet amateur a été trompé par la convergence entre deux structures de molaires de « pachydermes ». La forme de la muraille externe avec ses paracône et métacône en V, ses plis para et mésostylaires aigus, peut prêter à confusion. La convergence est également frappante avec les molaires de certains

([1]) *Comptes rendus*, **224**, 1947, p. 353.

Ancylopodes, comme *Phyllotillon*. Toutefois nulle part le contraste n'est aussi marqué que chez l'Hyracoïde entre le bord interne brachyodonte, avec ses deux tubercules coniques, petits et grêles, et le bord externe dont l'hypsodontie est si poussée que la muraille s'incurve fortement en arc de cercle. Bien que la base de la dent de la collection Gennevaux ne soit pas entièrement conservée, on note l'absence des petites racines connues chez les formes pontiennes, la cavité pulpaire largement ouverte.

La dent du *Pliohyrax* de Montpellier est fraîche, modérément usée, un peu moins que la dent de Chine attribuée à un Chalicothéridé (2). Chez ce dernier, l'usure de la couronne est assez profonde pour atteindre des crêtes de liaison



Pliohyrax occidentalis n. sp. — Arrière-molaire supérieure gauche, vue de profil par la face antérieure et vue par la face occlusale. Sables de Montpellier. Coll. Univ. Lyon 3156. Gr. nat. × 2/3.

(L'émail en blanc, le cément en grisé, l'ivoire en quadrillé; en noir, la fossette centrale de la dent.)

entre les croissants externes et les denticules internes. Aussi bien ces crêtes paraissent se développer seulement dans les fins de rameaux. Du point de vue de l'évolution dentaire, la molaire de Montpellier se situe assez exactement entre les formes pontiennes et celle du Villefranchien.

Sa longueur maximum, mesurée près de la base, atteint 48 mm; sa largeur entre le protocône et l'arête mésostylaire est 30,5. Nous notons que la taille est un peu inférieure à celle du *P. græcus*, aux caractères dentaires cependant plus archaïques. Les fossettes entre les tubercules sont comblées par du cément, toutefois ce dernier n'était pas développé de façon massive sur la face interne de la dent comme sur la forme du Nihowan. L'hypsodontie du bord externe était bien plus poussée que chez *P. rossignoli*, mais un peu moins que chez l'espèce de Chine.

Bien que notre documentation se réduise à une molaire unique (la plus expressive de toutes il est vrai), nous pouvons affirmer :

1° Qu'un *Pliohyrax* a vécu en France méridionale au Pliocène vrai;

2° Que cette espèce peut être distinguée de celles déjà connues, c'est pourquoi nous proposons pour elle le nom de *Pliohyrax occidentalis* n. sp.;

3° Qu'elle dérive problablement de l'évolution sur place des formes arrivées au Pontien;

4° Qu'à en juger par ses caractères dentaires, elle semble apparentée aux *Pliohyrax* qui se sont perpétués en Chine jusqu'au début du Quaternaire.

(2) P. Teilhard et J. Piveteau, *Ann. Paléont.*, 19, 1930, p. 23, *fig.* 9.

Ainsi les *Pliohyrax* avaient parfaitement réussi à s'acclimater en Europe. A quel moment ont-ils disparu? Vu la rareté considérable de ces animaux, il est pour le moment difficile de se prononcer.

PRÉHISTOIRE. — *Découverte d'Industries du groupe de la « Pebble Culture » sur le reg ancien des plaines du Dra (Sud marocain).* Note de MM. **Georges Mortelmans, Georges Choubert** et **Henri Hollard**, présentée par M. Paul Fallot.

Au cours de l'excursion A 36 du XIX[e] Congrès géologique international dans l'Anti-Atlas occidental, un certain nombre de sites préhistoriques, dont les industries s'échelonnent de l'Acheuléen au Néolithique, ont été reconnus tant sur la côte qu'à l'intérieur du pays. De telles découvertes, si elles apportent une confirmation de l'importance du Maroc au point de vue préhistorique, rentrent cependant dans le cadre des faits connus jusqu'ici.

Plus importante est la découverte faite sur le « reg ancien » (¹) du réseau hydrographique du Dra, d'industries rentrant dans le groupe de la « Pebble Culture » pré-abbevillienne. En effet, si l'on excepte quelques galets taillés, fortement roulés, recueillis par l'Abbé H. Breuil dans les graviers de la plage sicilienne de la carrière de Sidi Abderrahmane près de Casablanca (²), ces industries, si bien représentées en Afrique Centre-Orientale et Australe, étaient encore inconnues au Maroc. Le lieu de la découverte se place à quelques 30 km à l'Est de Foum el Hassane (piste d'Akka). Là s'étale un beau plateau de reg ancien, couvert de galets roulés. Au milieu de ceux-ci se rencontrent des restes nombreux d'industries préhistoriques que des différences d'usure, de patines, de techniques, permettent de diviser en plusieurs séries d'âge différent :

Série A. — Comporte des pièces plus ou moins usées, lustrées et éolisées, à forte patine brune vernissée. Elle comprend 24 pièces se répartissant de la façon suivante : 2 galets allongés, dont une extrémité a été abattue par une ou deux tailles remontantes; 8 galets subcirculaires épais, dont un bord a été transformé en arête tranchante par une série de tailles alternes; 1 galet à taille analogue, mais de forme irrégulière; 4 galets à tailles variables, n'ayant pas donné d'instruments de type défini; 1 fragment de galet taillé; 8 éclats protoclactoniens assez volumineux, à retaille élémentaire; certains sont des galets fendus en long.

(¹) Dans le Dra supérieur et la région d'Ouarzazate le « reg ancien » n'a fourni jusqu'à ce jour que des industries abbevilliennes classiques (découvertes par M. Antoine et décrites par A. Ruhlman) : G. Choubert, *Comptes rendus*, **223**, 1946, p. 911.

(²) H. Breuil, *S. Afr. I. Sc.*, **44**, 1948, p. 61-74.

Par ses galets taillés, cette industrie est fort analogue à celle que l'un de nous a fait connaître du Katanga, sous le nom de *Kafilien* (3); par ses éclats, elle s'apparente, d'autre part, à l'*industrie pré-abbevillienne à prédominance d'éclats* de la terrasse de 100 pieds du Vaal de Vereeniging (Transvaal) (4). On peut y voir une *expression évoluée du groupe de la Pebble Culture*, jouant ici le rôle de l'*Oldowayen* en Afrique Orientale.

Série B. — Comporte 15 pièces faiblement usées, à patine moins forte et moins colorée. Ce matériel comprend : 1 galet à arête longitudinale abattue par des tailles alternes (technique oldowayenne); 2 galets taillés de la série A fendus en long; 1 secteur épais de galet, à arête tranchante, retaillée (pièces analogues dans le Kafilien); 1 proto-coup de poing de forme assez régulière dont un bord latéral a subi une taille alterne de technique abbevillienne; 1 proto-coup de poing très élémentaire, de forme trièdre; 2 éclats épais, en dièdres tranchants à retaille élémentaire; 1 gros éclat provenant d'un nucleus; 5 éclats provenant de galets, de technique proto-clactonienne; 1 fragment sans grande signification.

Cette série réunit des pièces dont les unes trouvent leurs homologues exacts dans les industries pré-abbevilliennes à galets taillés ou à éclats, citées plus haut, tandis que d'autres, tels les proto-coups de poing et les éclats provenant de nuclei, évoquent davantage un *Abbevillien très primitif*. Cette association de caractères fait penser à une industrie *transitionnelle entre la Pebble Culture et les cultures abbevilliennes à coup de poing*; il faudra de nouvelles récoltes pour préciser ce point.

Série C. — Comporte des pièces à peine usées, à patine faible. Elle consiste en coups de poing réguliers, nuclei et éclats de technique levalloisienne. Par ses caractères, elle paraît l'homologue du Stellenbosch IV ou Proto-Levallois II (Victoria West II) d'Afrique sud-saharienne (= Acheuléen évolué africain).

Série D. — Représentée surtout dans nos récoltes par des reprises et des retailles de pièces anciennes : ces reprises sont fraîches et sans patine.

Conclusions. — Les récoltes qui viennent d'être sommairement décrites peuvent se diviser en deux groupes, l'un dont les éléments ne sont pas roulés (séries C et D), l'autre à usure fluviatile (séries A et B). Seul, ce dernier groupe est contemporain de la formation des nappes de galets du reg ancien et apporte donc un élément pour dater celui-ci.

En Afrique sud-saharienne, les cultures oldowayenne et abbevillienne sont associées aux couches de base du deuxième pluvial ou pluvial kama-

---

(3) G. MORTELMANS, *Session extraord. des Soc. Belges de Géol.*, Bruxelles, 1946, p. 215-244; IIe *Congrès Pan-Afr. de Préhistoire*, Alger, 1952 (sous presse).

(4) H. BREUIL et C. VAN RIET LOWE, *Un. S. Afr. Arch. S.*, no 6, 1948, p. 1-35.

sien ([5]). Au Maroc, par contre, les regs anciens sont parallélisés avec les terrasses de + 55-60 et correspondraient donc au premier interpluvial. Cela inciterait à vieillir quelque peu nos industries par rapport à l'Afrique sud-saharienne ou, si l'on admet la contemporanéité approchée de celles-ci à travers l'Afrique, montrer la transgressivité de l'interpluvial à travers le temps, de l'Équateur au Maroc.

Ces problèmes, actuellement insolubles, montrent tout l'intérêt d'une étude poussée du Quaternaire saharien, où les données préhistoriques viennent compléter, d'une façon particulièrement heureuse, celles de la géologie.

PHYSIOLOGIE VÉGÉTALE. — *Sur la pérennité des propriétés tumorales des tissus de Crown-Gall et des tissus ayant subi le phénomène d'accoutumance aux auxines*. Note de MM. **Claude Lance** et **Roger Gautheret**, présentée par M. Roger Heim.

Des cultures de tissus de Crown-Gall de Tabac et des cultures de tissus normaux ayant subi le phénomène d'accoutumance aux auxines produisent des tumeurs, si on les greffe sur des plantes saines. Si l'on réalise des greffages successifs d'un même fragment de tissu tumoral sur plusieurs plantes afin de le maintenir longtemps au contact d'un tissu normal, on constate que son pouvoir de former des tumeurs ne s'atténue pas.

Le caractère tumoral d'un tissu est mis en évidence par le fait qu'il produit une tumeur si on le greffe sur un organisme sain. C'est en appliquant ce critère que Braun et White ([1]) ont établi que les tissus de Crown-Gall conservent leurs propriétés tumorales même après l'élimination de la Bactérie spécifique qu'ils renferment initialement.

L'un de nous, avec la collaboration de M. P. Limasset, démontra de la même façon que les tissus de Tabac ayant subi le phénomène d'accoutumance aux auxines fournissent par greffage des tumeurs analogues à celles qu'on obtient en greffant des tissus de Crown-Gall ([2]).

Les propriétés tumorales de ces deux types de tissus se conservent intactes au cours de la culture *in vitro*, car même au bout de plusieurs années de développement en dehors de l'organisme, ils demeurent capables de produire des tumeurs par greffage sur des plantes saines.

Braun a affirmé qu'il est pourtant possible d'obtenir le retour de cellules tumorales à l'état normal. Il s'est appuyé pour cela sur des expériences consistant à inoculer la Bactérie du Crown-Gall à des tiges décapitées

---

([5]) L. S. B. Leakey, *Museu do Dundo*, Lisboa, 1949, p. 1-82.

([1]) *Cancer Research*, 2, 1942, p. 597-617.
([2]) P. Limasset et R. J. Gautheret, *Comptes rendus*, **230**, 1950, p. 2043.

de Tabac (³). Cette inoculation provoquait le développement de tumeurs sur lesquelles apparaissaient des pousses feuillées dont les tissus présentaient des caractères anatomiques et physiologiques normaux. Toutefois, ces expériences n'étaient pas irréprochables car on pouvait imaginer que les tumeurs obtenues par Braun étaient formées d'un mélange d'éléments normaux et tumoraux pouvant être sélectionnés au cours de la prolifération ultérieure.

Ces diverses considérations nous ont suggéré de rechercher si le contact prolongé d'un tissu normal et d'un tissu de Crown-Gall ou d'un tissu accoutumé pourrait déterminer une régression des propriétés tumorales de ces derniers.

Pour cela, nous avons greffé suivant la méthode de White (⁴) des fragments de colonies de tissus de Crown-Gall et de tissus accoutumés de Tabac sur des plantes saines de la variété White-Burley. Un grand nombre de greffons ont proliféré pour donner des tumeurs. Au bout de 50 jours, des fragments isolés de ces tumeurs furent greffés sur des pieds sains de la variété Samsun. On observa également la production de tumeurs, et celles-ci furent utilisées de nouveau pour réaliser de nouvelles greffes sur des plantes de la même variété. Des tumeurs se développèrent encore une fois et nous avons enfin réalisé un quatrième greffage en opérant de la même manière. En définitive, les tissus tumoraux furent maintenus pendant 219 jours au contact des tissus normaux. Le tableau ci-joint, qui résume nos résultats, montre que les tissus de Crown-Gall et les tissus accoutumés avaient conservé leur pouvoir tumoral jusqu'à la fin de l'expérience.

Résultats fournis par des greffages successifs de tissus de Crown-Gall et de tissus accoutumés sur des tiges de Tabac.

		1er greffage (variété White-Burley).	2e greffage (variété Samsun).	3e greffage (variété Samsun).	4e greffage (variété Samsun).
	Dates des greffages	20 nov. 1951.	9 janv. 1951.	15 mars 1952.	3 mai 1952.
Tissus de Crown-Gall.	Nombre des greffes réalisées	17	14	10	10
	Nombre des greffes ayant fourni des tumeurs	7	11	5	3
Tissus accoutumés.	Nombre des greffes réalisées	18	16	8	8
	Nombre des greffes ayant fourni des tumeurs	13	5	2	4

On constate, en outre, que la proportion des réussites a varié d'une manière incohérente au cours des greffages successifs, et que dans l'ensemble

(³) *Cancer Research*, **11**, 1951, p. 839-844.
(⁴) *Cancer Research*, **4**, 1944, p. 791-794.

il n'existe pas de différence entre le comportement des tissus de Crown-Gall et celui des tissus accoutumés. Dans les deux cas le pouvoir tumoral s'est maintenu au cours des greffages successifs. Ces essais doivent être complétés par une étude morphologique et physiologique des tumeurs obtenues par greffage.

PHYSIOLOGIE. — *Mise en évidence d'effets spécifiques non thermiques dans l'action nerveuse des ultrasons.* Note (*) de MM. **René-Guy Busnel**, **Jovan Gligorijevic**, **Paul Chauchard** et Mme **Henriette Mazoue**, présentée par M. Robert Courrier.

Nous avons montré, par la chonaximétrie (1), la grande sensibilité des nerfs sensitifs et moteurs ainsi que des centres nerveux vis-à-vis des ultrasons de 1 MHz. Le mécanisme intime de l'action des ultrasons sur les tissus nerveux reste cependant à définir. Thérapeutes et expérimentateurs tendent souvent à penser que les ultrasons ne sont qu'une forme de diathermie, le facteur agissant étant la chaleur dégagée par l'absorption de l'énergie acoustique des tissus. Quelques auteurs, par exemple Fry et ses collaborateurs (2), apportent cependant des preuves d'une action spécifique indépendante de l'action thermique.

La comparaison de nos résultats avec ceux qui avaient été obtenus par A. B. et P. Chauchard (3) lors de l'analyse chronaximétrique des actions thermiques périphériques sur le système nerveux, laissait entrevoir de notables différences. Nous avons donc entrepris de nouvelles expériences pour comparer l'effet nerveux spécifique des ultrasons à celui d'un facteur thermique pur appliqué dans des conditions analogues de pénétration tissulaire (ondes courtes de 6 m en monopolaire et infrarouge) chez le Rat et la Grenouille, au niveau de la plante du pied, du trajet du sciatique, de la colonne vertébrale et du crâne. Les mesures thermiques étaient effectuées à l'aide de microthermocouples introduits *in situ* et l'on comparait les modifications chronaxiques produites pour une même variation de température par les facteurs thermiques et les ultrasons sur l'animal éveillé ou anesthésié.

Résultats. — 1° *Effet direct.* — Si les facteurs thermiques purs et les ultrasons agissent dans le même sens en provoquant une diminution des chronaxies quand on les applique au point de mesure des chronaxies motrices, les conditions des deux métachronoses sont différentes. Tout d'abord le seuil d'action

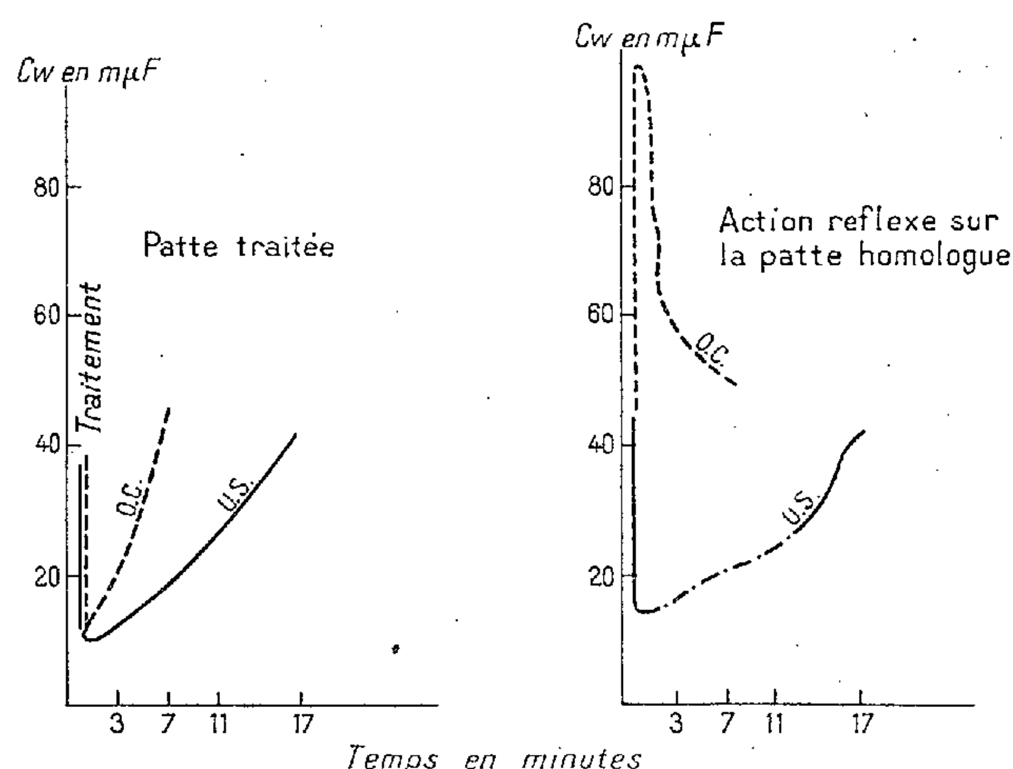
(*) Séance du 10 novembre 1952.

(1) *Comptes rendus*, 235, 1952, p. 1535.

(2) W. J. Fry, D. Tucker, E. J. Fry et V. J. Wulff, *J. Acoustic. Soc. Amer.*, 22, 1950, p. 867; et 23, 1951, p. 364.

(3) *C. R. Soc. Biol.*, 135, 1941, p. 1021.

des ultrasons est très inférieur à celui des facteurs thermiques; on obtient une diminution de chronaxie importante alors que la température du tissu n'a pas sensiblement varié et, pour enregistrer par les facteurs thermiques purs une métachronose analogue à celle que donne une dose d'ultrasons, il faudra toujours une augmentation de température plus grande ou plus durable. D'autre part, pour une même amplitude, la métachronose par ultrasons est toujours plus durable que la métachronose thermique : chez le Rat, pour une augmentation de 3° C consécutive à une application d'ultrasons, le retour à la normale demande 17 m; il en faut seulement 7 avec les facteurs thermiques.



Rat éveillé : chronaxies motrices CW de la patte traitée et de son homologue non traitée, par les U-S et les ondes courtes (O. C.). Application au niveau du genou. Facteur de couplage eau. Puissance U-S = 3,13 W pendant 2 mn. Élévation de température par les deux procédés de 3°C.

2° *Effet réflexe.* — Avec les ultrasons on trouve du côté de l'application ou du côté opposé un effet reflexe identique à l'effet direct subsistant sur l'animal anesthésié; l'action réflexe homolatérale se manifeste avec les mêmes doses que l'effet direct. Avec les facteurs thermiques, on constate que le seuil de l'action réflexe est plus élevé que celui de l'action directe. D'autre part, en accord avec les résultats antérieurs de A., B. et P. Chauchard, la métachronose réflexe est inverse; on observe une importante augmentation des chronaxies au-dessus des valeurs normales, tant du côté de l'application que du côté opposé; ce phénomène disparaît sur l'animal anesthésié; il ne s'agit donc pas d'une action sur les centres médullaires, mais d'une influence réflexe s'exerçant au niveau du centre encéphalique de la subordination que l'anesthésie met hors de cause; ce phénomène est donc différent de celui qui est provoqué par les ultrasons.

3° *Effets centraux.* — L'application d'ultrasons sur la moelle, à un niveau moyen de celle-ci, provoque une diminution des chronaxies sur les pattes

antérieures comme sur les postérieures, l'amplitude étant maxima sur les pattes les plus proches de l'application. Avec les facteurs thermiques, on ne note la diminution de chronaxie que si l'application est faite au niveau des noyaux d'origine du nerf interrogé; à distance, c'est l'augmentation de chronaxie d'origine réflexe encéphalique qui est obtenue. Après anesthésie, ce réflexe disparaît et, sur les pattes distantes, apparaît une légère action des facteurs thermiques (faible diminution des chronaxies) masquée sur l'animal éveillé par l'effet réflexe. L'action directe des facteurs thermiques sur les centres encéphaliques provoque, comme celle des ultrasons, une diminution généralisée des chronaxies, disparaissant par l'anesthésie; ici encore les conditions des deux phénomènes établissent le non-parallélisme entre ultrasons et chaleur.

On peut donc conclure de ces réactions différentes du système nerveux soumis aux ultrasons ou à une élévation thermique pure qu'un facteur autre que la température intervient dans la réaction. Nous tendons à penser que cet effet spécifique pourrait être d'ordre mécanique. En effet, l'application de vibrations à l'aide d'un diapason donne un tableau chronaxique analogue à celui des ultrasons.

PHYSIOLOGIE. — *Sur les modalités de la thermolyse par perspiration et par transpiration.* Note de M. **Joseph Sivadjian**, présentée par M. André Mayer.

La transpiration et la perspiration, en tant que causes de la thermolyse, sont liées l'une à l'autre, mais il ne semble pas que l'on soit fixé encore, d'une façon certaine, sur le degré de cette relation.

D'après Jürgensen [1], la sécrétion sudorale est un phénomène continu, même lorsque la peau se trouve à l'état absolument sec et, en dehors de cette élimination d'eau par voie sudorale, il n'existe pas, à proprement parler, une *perspiratio insensibilis*.

Selon Lœwy [2] et Richardson [3], la perspiration insensible est aussi importante chez les personnes normales pourvues de glandes sudoripares que chez celles qui en sont congénitalement dépourvues. Les glandes sudoripares ne sont pas constamment en activité; elles ne sont actives que par intermittence et ne participent pas à la perspiration (Lœwy) [4].

Par contre, Moog et Buchheister [5], tout en confirmant les constatations de Jürgensen relatives à la sécrétion continue des glandes sudoripares, admettent que l'excrétion insensible d'eau par l'organisme humain

---

(1) *Deutsche Arch. klin Med.*, 144, 1924, p. 193.
(2) *Virchows Arch.*, 206, 1911, p. 79.
(3) *J. Biol. Chem.*, 67, 1926, p. 397.
(4) *Biochem. Z.*, 67, 1914, p. 243.
(5) *Münch. med. Woch.*, 73, 1926, p. 895.

se compose de deux parties, bien que d'importances inégales, c'est-à-dire de la transpiration et de la perspiration insensibles.

D'autre part, pour certains auteurs, la perspiration n'est pas du tout un phénomène actif, mais elle est un processus purement physique d'évaporation due à la diffusion ou à l'osmose de l'eau à travers la couche kératinisée de la peau ([4]), ([6]); elle a la même importance pour la peau vivante que pour la peau morte. En chauffant la peau vivante, on augmente la perspiration dans la même proportion qu'en chauffant la peau morte ([7]), ([8]). Le processus est probablement celui d'une diffusion physique, dit Richardson ([3]), mais on peut concevoir aussi qu'il s'agit d'une excrétion active d'eau par l'épithélium cutané.

Au contraire, pour Moog et Buchheister ([5]), la perspiration est un processus physiologique et vital, soumis aux exigences et aux besoins physiologiques et non pas purement aux lois physiques.

Gasnier et Mayer ([9]) ont d'ailleurs montré que la perspiration dépend, non seulement des conditions externes, mais aussi des conditions internes et que, dans une certaine mesure, elle est influencée par le métabolisme de l'eau.

Or, la méthode hygrophotographique que nous avons mise au point ([10]) permet d'apporter une nouvelle confirmation à ces résultats; elle montre, en particulier, que les glandes sudoripares rejettent constamment de l'eau et que, de plus, ce dégagement de la vapeur d'eau a lieu non pas sous forme de diffusion lente et progressive, mais sous la forme d'une émission moléculaire active, pouvant impressionner la plaque hygrophotographique à 10 mm de distance.

Lorsque nous appliquons la main sur une *pellicule* hygrophotographique la perspiration insensible arrive à y imprimer une image de celle-ci tellement fidèle qu'on l'aurait pu confondre avec une image photographique réelle et sur laquelle on voit cependant, groupés dans certaines régions. des points noirs correspondant à l'activité des glandes. Si l'on pose la main sur la pellicule après l'avoir chauffée d'abord sur une plaque métallique bien chaude, l'image hygrophotographique se renforce davantage et l'on y voit les glandes sudoripares en nombre bien plus considérable, Quand on pose les extrémités des doigts, à l'exclusion du pouce, sur la plaque en donnant à la main une inclinaison de 45° sur celle-ci, et le pouce

---

([6]) A. G. R. WHITEHOUSE, W. HANCOCK et J. S. HALDANE, *Proc. Roy. Soc.*, **111** B, 1932, p. 412.

([7]) T. WINSOR et G. E. BURCH, *Arch. intern. Med.*, **74**, 1944, p. 428.

([8]) G. E. BURCH et T. WINSOR, *Arch. intern. Med.*, **74**, 1944, p. 437.

([9]) *Ann. Physiol.*, **13**, 1937, p. 131.

([10]) J. SIVADJIAN, *Comptes rendus*, **234**, 1952, p. 1911.

étant bien dégagé, afin d'éviter la formation d'un espace clos à l'arrière, on voit les empreintes des doigts s'inscrire normalement sur la plaque, Mais, en même temps, derrière ces empreintes, se dessine une « ombre » qui, suivant les conditions de l'expérience, peut atteindre jusqu'à 1 cm



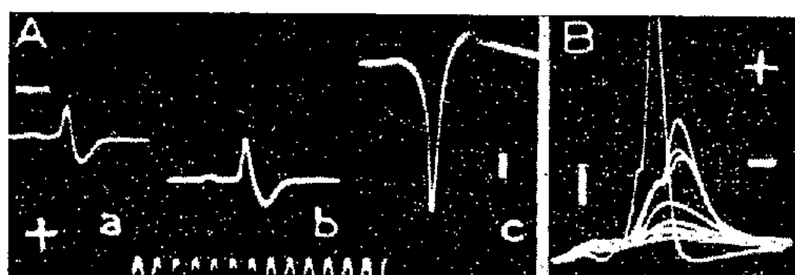
de longueur et qui est uniquement due à la perspiration insensible (voir *figure*). Si, au lieu d'appuyer la main sur la plaque on la maintient horizontalement au-dessus de celle-ci, sur une hauteur de 10 mm au maximum, on voit également « l'ombre » se projeter sur la plaque et les contours très nets de cette « ombre » indiquent clairement que la vapeur dégagée dont elle provient, n'est pas le résultat d'une simple diffusion lente, mais qu'elle doit être attribuée à une sorte de rayonnement, à un jet, en rapport évidemment avec le rayonnement calorifique cutané et lié, par conséquent, à la vie active des tissus sous-jacents. Lorsque l'on enduit l'un des doigts d'un produit imperméable à l'eau, comme la vaseline, on remarque alors l'absence du doigt imperméabilisé dans l'ombre projetée.

NEUROPHYSIOLOGIE. — *Réception intracellulaire de l'activité d'un neurone des lobes électriques de* Torpedo marmorata. Note de Mme **Denise Albe-Fessard** et M. **Pierre Buser**, présentée par M. Robert Courrier.

Les lobes électriques, noyaux bulbaires qui sont, chez la Torpille, les centres moteurs des organes électriques, sont constitués de neurones dont les corps cellulaires, tous semblables et de grande taille (environ 70 μ chez une Torpille moyenne), se prêtent bien à une exploration intrasomatique. Pour y parvenir, on réalise avec la microforge de De Fonbrune, des micropipettes dont l'extrémité effilée ne dépasse pas 1-1,5 μ de diamètre extérieur. Ces microélectrodes, remplies de KCl 3 M [modèle déjà utilisé par Fessard et Tauc ([1])] sont implantées dans un lobe mis à nu,

([1]) *Comptes rendus*, 233, 1951, p. 1228.

à l'aide du micromanipulateur de De Fonbrune [2]. Les différences de potentiel présentées entre la microélectrode et une électrode de référence impolarisable placée sur une région inactive sont appliquées à l'entrée d'un dispositif changeur d'impédance et, après une amplification à liaison directe, aux plaques d'un oscillographe cathodique. La position du spot sur l'écran de l'oscillographe permet donc de s'apercevoir de la pénétration de la microélectrode à l'intérieur d'un neurone, par suite de son passage de l'autre côté de la couche polarisée qui entoure toute cellule. Le potentiel de repos peut être ainsi mesuré. Nous l'avons trouvé compris entre 40 et 60 mV.



Potentiels d'action provenant d'un lobe électrique de *Torpedo marmorata*, en réponse à la stimulation des voies afférentes spinales :

A, au cours d'un enfoncement progressif d'une microélectrode : *a*, *b*, activités extra-cellulaires; *c*, activité intra-cellulaire. Trait vertical : 10 mV. Temps en millisecondes.

B, la microélectrode étant immobile à l'intérieur d'une cellule, on enregistre, superposées, une série de réponses à des stimulations successives d'intensité croissante. Trait vertical : 10 mV. Même échelle de temps qu'en A.

Pour étudier la réponse normale d'un neurone, le lobe est mis en activité par voie réflexe, en stimulant les voies ascendantes spinales par un choc électrique bref donné une fois toutes les 2 secondes. Entre chaque stimulation, la microélectrode, d'abord enfoncée dans le lobe mais encore extra-cellulaire, est déplacée verticalement de quelques microns. La figure montre, en A, l'exemple de trois enregistrements successifs ainsi obtenus. En *a*, la microélectrode recueille, environ 1 ms après une très faible déflexion négative signalant l'arrivée des influx afférents, une onde diphasique, d'abord négative, qui traduit la naissance puis le départ des potentiels d'action des structures nerveuses voisines. En *b*, le déplacement de la ligne de base vers les potentiels positifs nous indique la proximité d'une cellule; en même temps, l'amplitude de la réponse est accrue. Entre *b* et *c*, une barrière cellulaire a été franchie; le déplacement du spot nous permet de mesurer le potentiel de repos (50 mV); la réponse, comme on doit s'y attendre, change de sens; elle augmente brusquement de grandeur, atteint 65 mV, et apparaît greffée sur une onde de base, d'évolution plus lente, dont l'existence est plus accusée dans les tracés B.

---

(2) *Technique de micromanipulation*, 1949, p. 203, Masson, Paris.

Cette seconde partie de notre figure où, pour revenir aux conventions habituelles, nous avons inversé le sens des déflexions, rend compte d'une expérience dans laquelle nous avons superposé plusieurs réponses de la même cellule (microélectrode fixe) correspondant à des stimuli successifs d'intensité croissante. Il apparaît d'abord une onde de 4-5 ms, dont l'amplitude croît avec l'intensité de la stimulation, c'est-à-dire avec l'augmentation du nombre des fibres afférentes actives qui ont des connexions avec ce neurone. Lorsque cette onde atteint une certaine valeur, ici 15 mV, un potentiel d'action en émerge, qui peut être de faible amplitude et rester local, mais croît en général rapidement jusqu'à un maximum (70-80 mV), et prend alors les caractères d'un potentiel d'action propagé.

Ainsi, nous avons pu prouver que les somas neuroniques étudiés sont capables de fournir une réponse brève propagée ou « spike », et que cette réponse est liée au développement d'une dépolarisation locale, certainement identique aux potentiels des régions synaptiques qui ont été enregistrés par voie extra-somatique sur d'autres préparations [notamment par Bullock ([3])]. Nos résultats présentent une grande analogie avec ceux fournis récemment (1951) par Brock, Coombs et Eccles ([4]) qui étudièrent avec des microélectrodes les cellules motrices de la moelle du Chat.

PSYCHOPHYSIOLOGIE. — *Réactions à la lumière de* Lineus ruber (*Némertien*) *en éclairage ventral.* Note de Mlle **Marie Gontcharoff**, présentée par M. Pierre-P. Grassé.

Les réactions des animaux à la lumière sont un des chapitres les plus confus de la Biologie. Les classifications des phototropismes ou phototaxies sont nombreuses, mais aucune ne permet d'envisager le sujet d'un point de vue vraiment biologique. Les animaux se dirigent vers la lumière ou en sens inverse, mais sous l'apparente simplicité de la réaction se cachent bien des problèmes qui attendent leur solution.

Les *Lineus ruber* présentent un phototropisme négatif. Il nous a semblé intéressant d'étudier leurs réactions phototropiques en fonction de la régénération du système nerveux et de l'appareil oculaire. Mais cela ne pouvait constituer que la seconde partie de l'étude, le comportement des animaux normaux étant à la base de tout travail de recherche. Je ne voudrais, aujourd'hui, décrire que le comportement en éclairage ventral.

Les expériences ont lieu en chambre noire; les animaux étant introduits dans une cuve de 1 m de côté, contenant 10 l d'eau de mer. Une cuve

---

([3]) *J. Neurophysiol.*, **11**, 1948, p. 343-364.

([4]) *J. Physiol.*, London, **117**, 1952, p. 431-460.

spacieuse est indispensable. Dans une cuve de faibles dimensions, les expériences sont faussées par l'intervention du thygmotropisme; arrivés au bord de la cuve ou du cristallisoir, les animaux suivent le bord et les réactions à la lumière sont perturbées. La température et la salinité interviennent également; nous étudierons leur rôle dans une Note ultérieure.

Les expériences s'effectuent en lumière blanche d'intensité variable : 200-2 700 lx, à une température de 18-20°.

Je rappelle que chez *Lineus ruber*, les yeux sont disposés sur la face dorsale en deux rangées parallèles de 4-6 éléments.

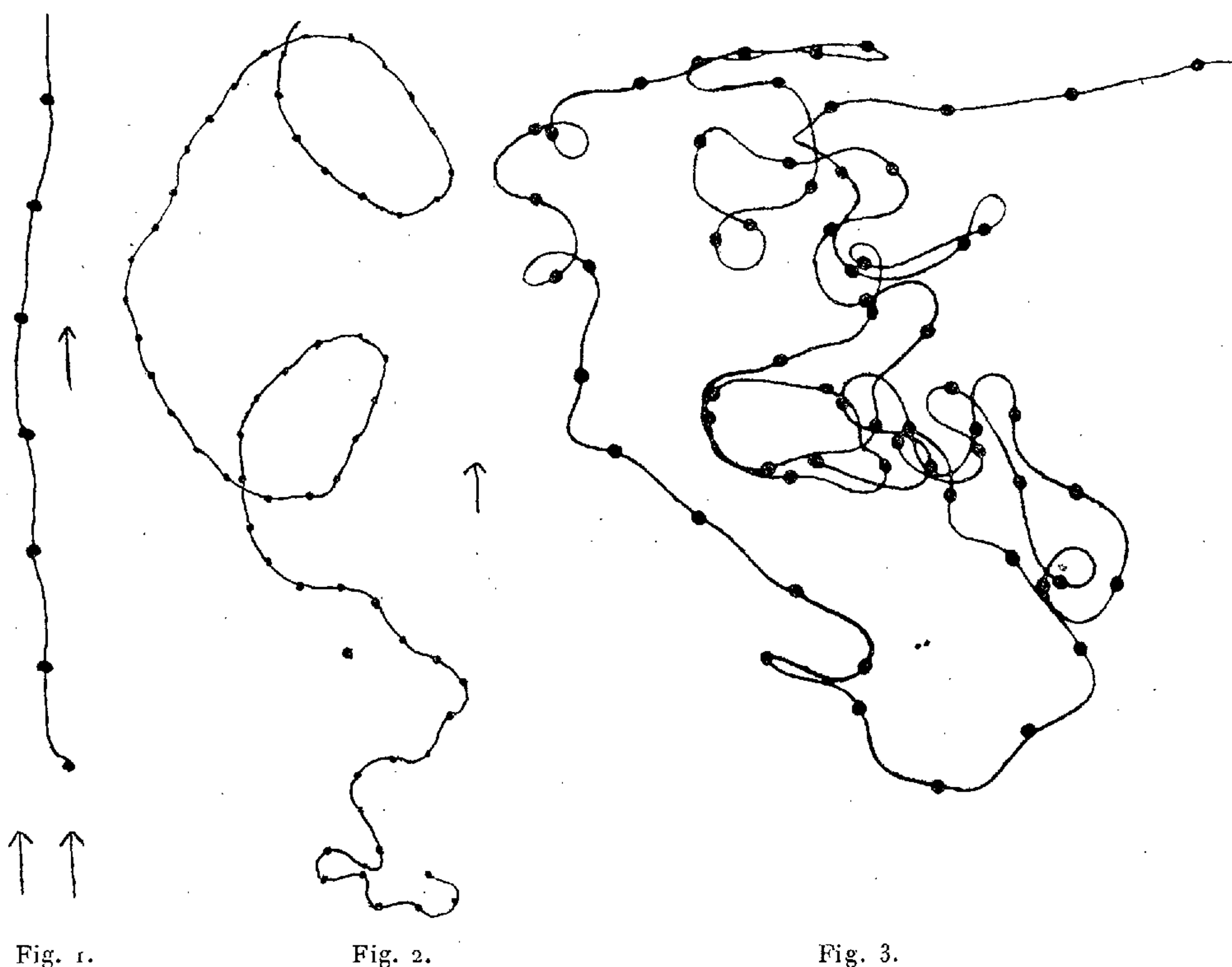


Fig. 1. Fig. 2. Fig. 3.

Fig. 1 : Fragments de pistes; éclairage par un faisceau de rayons parallèles; deux flèches indiquent la direction des rayons lumineux; une flèche indique la direction dans laquelle l'animal se déplace. Fig. 2 : Piste en éclairage dorsal (réduit au 1/3). Fig. 3 : Piste en éclairage ventral (photogr. M. Gontcharoff).

Éclairons la cuve par un faisceau rasant de rayons parallèles. Après un court temps de latence, les animaux s'orientent en sens inverse des rayons lumineux et s'éloignent de la source d'un glissement lent et continu sans presque dévier de la ligne droite (la figure 1 représente un fragment d'une telle piste).

Plaçons la source lumineuse au-dessus de la cuve, de sorte que les rayons lumineux frappent les animaux par la face dorsale; il n'y a plus, à pro-

prement parler, d'orientation, les *Lineus* décrivent de larges cercles, d'un même glissement lent et continu (*fig.* 2).

Par contre, si les rayons lumineux (la source étant placée au-dessous de la cuve) atteignent les animaux par la face ventrale, le comportement des Némertes devient très différent et c'est sur ce net changement que je voudrais attirer l'attention.

Le glissement lent disparaît; on note de brusques et fréquents changements de direction; les animaux paraissent complètement désorientés et la piste est enchevêtrée et complexe. Le mode de progression est aussi très différent; la tête ne repose plus sur le fond de la cuve, mais est constamment soulevée, animée d'oscillations irrégulières à droite et à gauche; toute la partie antérieure du corps, en général, ne repose plus sur le verre, mais soulevée, demeure entre deux eaux et, dans les cas extrêmes, l'animal tout entier quitte le fond et flotte en surface, ce qui est un comportement très inhabituel, car dans des conditions normales, les *Lineus* ne nagent pas et se déplacent, sur le fond, par glissement ou ondes musculaires péristaltiques.

On pourrait supposer que la position dorsale de l'appareil oculaire serait à l'origine de ce comportement particulier; la question est à l'étude (examen des animaux après ablation uni ou bilatérale des yeux). Mais il apparaît, dès maintenant, que ce comportement donne un argument en faveur de l'existence d'un gradient physiologique dorso-ventral, dont nous avons indiqué l'existence dans un travail antérieur [1]. En tout état de cause, il paraît clair qu'un même stimulus provoque un très net changement de comportement selon qu'il est reçu soit par la face ventrale, soit par la face dorsale.

CYTOLOGIE. — *Quelques formules chromosomiques chez les* Lycænidæ (*Lépidoptères Rhopalocères*). Note de M. **Hubert de Lesse**, présentée par M. Louis Fage.

Les formules chromosomiques actuellement connues chez les *Lycænidæ* ont été établies par H. Federley [1] et surtout par Z. Lorkovic [2]. Leurs travaux font ressortir, dans cette famille, la fréquence du nombre haploïde $n = 23$ ou 24, les nombres 25 et 26 n'ayant été comptés que rarement. En 1941, Lorkovic a signalé $n = 45$ chez *Lysandra bellargus* Rott. et $n = 90$ chez *L. coridon* Poda. L'auteur a donné de ces nombres élevés une explica-

---

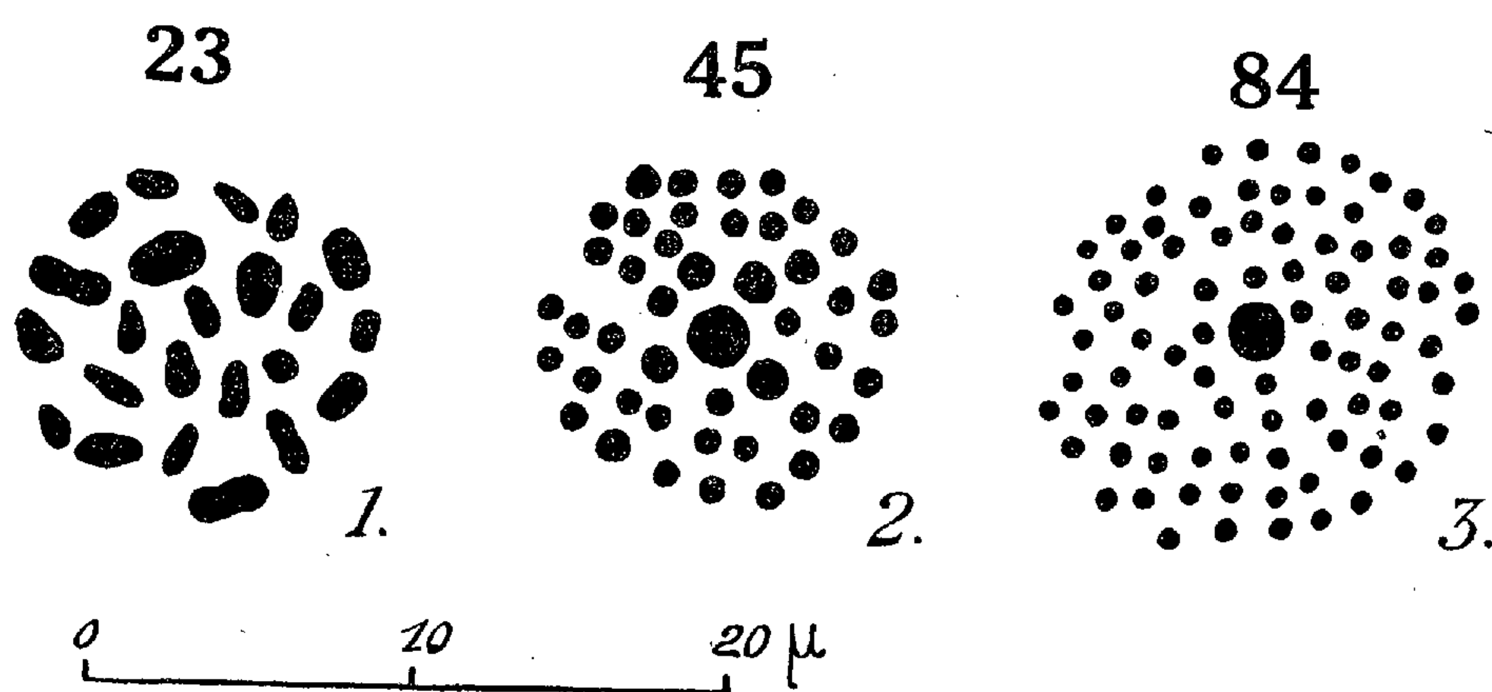
(1) *Ann. des Sc. Nat. Zool.*, 11e série, 13, 1951.

(1) *Hereditas*, 24, 1938, p. 397-464.
(2) *Chromosoma*, II, 2, 1941, p. 155-191.

tion basée sur la fragmentation successive d'un stock chromosomique fondamental égal à $n = 23$. Il m'a paru utile de rechercher si une telle hypothèse pouvait être confirmée sur d'autres espèces de *Lycænidæ*, et de préciser, en même temps, certains nombres établis sur un matériel ne provenant pas de France.

Matériel et techniques. — Les différentes espèces de *Lycænidæ* étudiées ont été capturées à l'état d'imago dans l'Ariège, l'Ardèche, la Lozère, le Puy-de-Dôme, les Basses-Alpes, le Var et la région parisienne. Les testicules ont été prélevés à l'état vivant quelques heures après la capture et fixés au Bouin, en moyenne 24 h. Après lavage à l'alcool à 70°, les pièces ont été conservées dans l'alcool à 80°, environ quatre mois. Les testicules des Lépidoptères capturés dans le Var ont été fixés au Carnoy pendant 5 mn et conservés dans les mêmes conditions pendant une semaine. Après inclusion à la paraffine, les coupes (7 μ) ont été colorées par la méthode de Feulgen. La comparaison du matériel conservé dans l'alcool et de celui qui est inclus immédiatement après les fixations (insectes de la région parisienne, de l'Ardèche et de la Lozère) n'a pas fait apparaître de différences.

Observations. — Au stade de l'imago, la spermatogénèse, déjà très avancée, ne montre que très peu de figures de métaphases spermatogoniales.



Plaques équatoriales de la première division de maturation (spermatogénèse).

Fig. 1. — *Aricia nicias* Meig. ($n = 23$), Larche (B.-A.), 27 juillet 1952. Fig. 2. — *Lysandra (Agrodiætus) damon* Schiff. et D. ($n = 45$), 27 juillet 1952. Fig. 3. — *Lysandra albicans* H. S. ($n = 84$), Aubenas (Ardèche), 28 août 1952.

Les métaphases de spermatocytes de deuxième ordre sont également rares et surtout peu lisibles. Les numérations ont donc été effectuées sur les plaques équatoriales de la première division de maturation. Les chromosomes sont d'aspect plus ou moins massif et l'on observe souvent un chromosome plus volumineux au centre de la plaque.

Espèces.	Localité et date.	Nombre haploïde.	Nombre d'individus.
Palæochrysophanus hippothoë L. ♂	Forez (Puy-de-Dôme) 1200 m 26 juin 1952	$n = 24$ (³)	3
Strymonidia pruni L. ♂	Saint-Germain (Seine-et-Oise) 1ᵉʳ juin 1952	$n = 23$	1
Aricia nicias Meig. (= *donzelii* Bsdv.) ♂	Larche (Basses-Alpes) 1900 m 27 juillet 1952	$n = 23$ (*fig.* 1)	1
Lysandra (*Agrodiætus*) *damon* Schiff. et D. ♂	Larche (Basses-Alpes) 1900 m 27 juillet 1952	$n = 45$ (*fig.* 2)	4
Lysandra albicans H. S. (= *hispana* H. S.) ♂	Croix-Valmer (Var) 21-22 avril 1952	$n = 84$	12
Lysandra albicans H. S. (= *hispana* H. S.) ♂	Croix-Valmer (Var) 21-22 avril 1952	$n = 85$	2
Lysandra albicans H. S. (= *hispana* H. S.) ♂	Aubenas (Ardèche) 21 mai 1952	$n = 84$	1
Lysandra albicans H. S. (= *hispana* H. S.) ♂	Aubenas (Ardèche) 28 août 1952	$n = 84$ (*fig.* 3)	1
Lysendra coridon Poda ♂	Salau (Ariège) 800 m 7 juillet 1952	$n = 88$	7
Lysandra coridon Poda ♂	Pont-de-Monvert (Lozère) 22 août 1952	$n = 88$	1

Conclusion. — La validité spécifique de *L. albicans*, espèce bivoltine, parfois difficilement séparable de *L. coridon*, espèce monovoltine avec laquelle elle coexiste dans la région méditerranéenne, se trouve confirmée par l'étude cytologique. Toutefois, j'ai compté sur deux individus de *L. albicans* $n = 85$, et non $n = 84$ comme dans la majorité des cas, et d'autre part, je n'ai trouvé que $n = 88$ chez les *L. coridon* de l'Ariège et de la Lozère, alors que Lorkovic a compté $n = 90$ chez ceux de Yougoslavie. La difficulté à préciser des nombres aussi élevés ne permet pas d'affirmer qu'il s'agit d'une variation individuelle dans le premier cas et géographique dans le second. De telles variations furent, cependant, déjà observées chez d'autres espèces par Lorkovic (*op. cit.*). Enfin, bien qu'on puisse constater une diminution de la taille des chromosomes parallèlement à l'accroissement de leur nombre, le cas de *L. albicans* ($n = 84$) ne paraît pas susceptible de s'expliquer par une fragmentation régulière à partir du nombre $n = 45$.

(³) Cette espèce a été étudiée par Federley (*op. cit.*). Le nombre chromosomique de *P. hippothoë* n'était cependant connu que chez la ♀.

BIOLOGIE. — *Pénétration, variable selon la longueur d'onde, des radiations visibles jusqu'à l'hypothalamus et au rhinencéphale, à travers la région orbitaire, chez le Canard.* Note (*) de MM. **Jacques Benoit**, **Ivan Assenmacher** et Mlle **Simone Manuel**, présentée par M. Robert Courrier.

La gonadostimulation par la lumière s'opère, chez le Canard, par la double action de certaines radiations visibles, sur la rétine et, à travers les tissus, directement sur les régions hypothalamique et rhinencéphalique du cerveau. Celles-ci sont fonctionnellement reliées à l'hypophyse et leur excitation lumineuse directe induit la sécrétion par cette glande d'hormones qui stimulent les glandes génitales (Benoit, 1937, 1938; Benoit et Kehl, 1939; Benoit, Walter et Assenmacher, 1950). On peut d'ailleurs facilement se rendre compte de cette pénétration profonde des rayons lumineux en observant par l'intérieur une tête de Canard débarrassée de son cerveau et éclairée latéralement : la face endocranienne de l'orbite est tout particulièrement éclairée, à travers l'os et la dure-mère. On observe même dans ces conditions que l'œil fait office de lentille et concentre les rayons lumineux sur la paroi osseuse en une plage restreinte vivement illuminée.

Nous avons entrepris de mesurer l' « opacité » (inverse de la « transmission ») de la région orbitaire d'une tête de Canard, à des radiations de différentes longueurs d'onde, par un procédé photographique : deux fragments d'un même film panchromatique sont exposés aux radiations d'une petite ampoule électrique filtrées par des verres colorés (bleu-indigo, vert et jaune) ou interférentiels (orangé et rouge) dans les deux conditions suivantes : 1° derrière la région orbitaire d'une tête de Canard et le filtre à 20 cm de la source lumineuse; 2° sans interposition autre que celle du filtre, mais à 4,50 m de cette même source. Les temps de pose sont établis par tâtonnements pour que les densités des plages impressionnées, mesurées avec une cellule photoélectrique et un galvanomètre, se situent dans la partie rectiligne de la courbe caractéristique logarithmique du film, préalablement établie. Dans ces conditions, la comparaison des opacités des deux fragments de film, obtenues avec un même filtre, permet, après les corrections nécessaires relatives aux différences de distance, de temps de pose et de développement (malgré les précautions prises : même température et même durée de révélation), d'obtenir la valeur de l'« opacité » de la région orbitaire pour la radiation considérée. Le film utilisé (Eastman panchromatique « supersensitive » du type 52 C) fut employé sous la forme de languettes larges de 5 mm, successivement introduites dans

(*) Séance du 10 décembre 1952.

un tube de verre aplati fixé derrière la paroi osseuse, entre la dure-mère et le cerveau. La source lumineuse (ampoule électrique de 6 V, 30 W, alimentée par accumulateurs) était elle-même placée de telle sorte que ses rayons, concentrés par l'œil, formaient une plage lumineuse sur la partie basse du tube où s'impressionnaient les languettes. Ces conditions étaient réalisées lorsque la direction de la source lumineuse formait un angle de 32° environ, ouvert en avant, avec le plan sagittal médian de la tête posée horizontalement, et un angle de 10° au-dessous du plan horizontal passant par l'œil. Les filtres utilisés, assez sélectifs, avaient déjà été utilisés dans une expérience de gonadostimulation ([1]).

Les résultats obtenus furent les suivants :

Filtre.	λ au max. de la transmission (mμ).	Opacités région orbitaire de cinq différents canards.					Opacités moy.	Opacité à λ... / Opacité au rouge
Bleu indigo B 1...	436	900	3420	785	2520	2310	2000	36,5
Vert V 7........	546	208	1000	–	592	500	575	10,5
Jaune J 2.......	577	128	354	144	176	322	225	4,1
Orangé O 1.....	617	104	136	111	142	178	134	2,44
Rouge D 1......	647	49	70	39	52	66	55	1

1° *L'opacité de la région orbitaire* au bleu indigo est de 2 000 en moyenne : pour cette couleur la 2 000e partie seulement de l'énergie lumineuse incidente traverse la région orbitaire et impressionne le film photographique. Les autres radiations sont de plus en plus pénétrantes à mesure que leur λ augmente. L'opacité au rouge D 1 est de 55 seulement. Si l'on prend pour unité cette opacité au rouge, on constate que la région orbitaire est approximativement 2,5 fois plus opaque à l'orangé, 4 fois plus au jaune, 10 fois plus au vert et près de 40 fois plus au bleu indigo.

2° Le tube destiné à recevoir les languettes photographiques étant laissé à sa place dans la tête, la source lumineuse est disposée de telle sorte que ses rayons frappent, non plus obliquement, mais *perpendiculairement*, et toujours à 20 cm, la face latérale de cette tête. Dans ces conditions, l'œil ne fait plus office de lentille sur le film et d'autres tissus, plus opaques, sont traversés. Nous trouvâmes chez divers sujets des opacités de 46 500 au lieu de 2 520 pour le bleu indigo, 5 060 au lieu de 540 et 2 765 au lieu de 176 pour le jaune, 237 au lieu de 52 pour le rouge.

En définitive, les radiations lumineuses visibles qui frappent latéralement la tête du Canard :

1° pénètrent d'autant plus les tissus que leur *longueur d'onde* est *plus grande*. Cette notion s'accorde avec les résultats antérieurement établis

([1]) BENOIT, WALTER et ASSENMACHER, *J. Physiol.*, 42, 1950, p. 537.

sur divers tissus animaux (Guthmann, 1927; Pauli et Dennig, 1927; Cartwright, 1930; Danforth, 1930; Bachem et Reed, 1931, etc.);

2° trouvent, lorsqu'elles sont obliques, une voie de pénétration particulièrement favorable au niveau de l'orbite, grâce à l'œil qui fait office de *lentille*;

3° parviennent en quantité non négligeable par cette voie au cerveau et notamment à la *région de l'hypothalamus*, qui commande la fonction gonadostimulante de l'hypophyse.

BIOLOGIE EXPÉRIMENTALE. — *Sur l'existence de caractères sexuels secondaires* ♀ *et sur le déterminisme de leur différenciation chez* Xiphophorus helleri H. O. Note de M. **Jean Vivien**, transmise par M. Maurice Caullery.

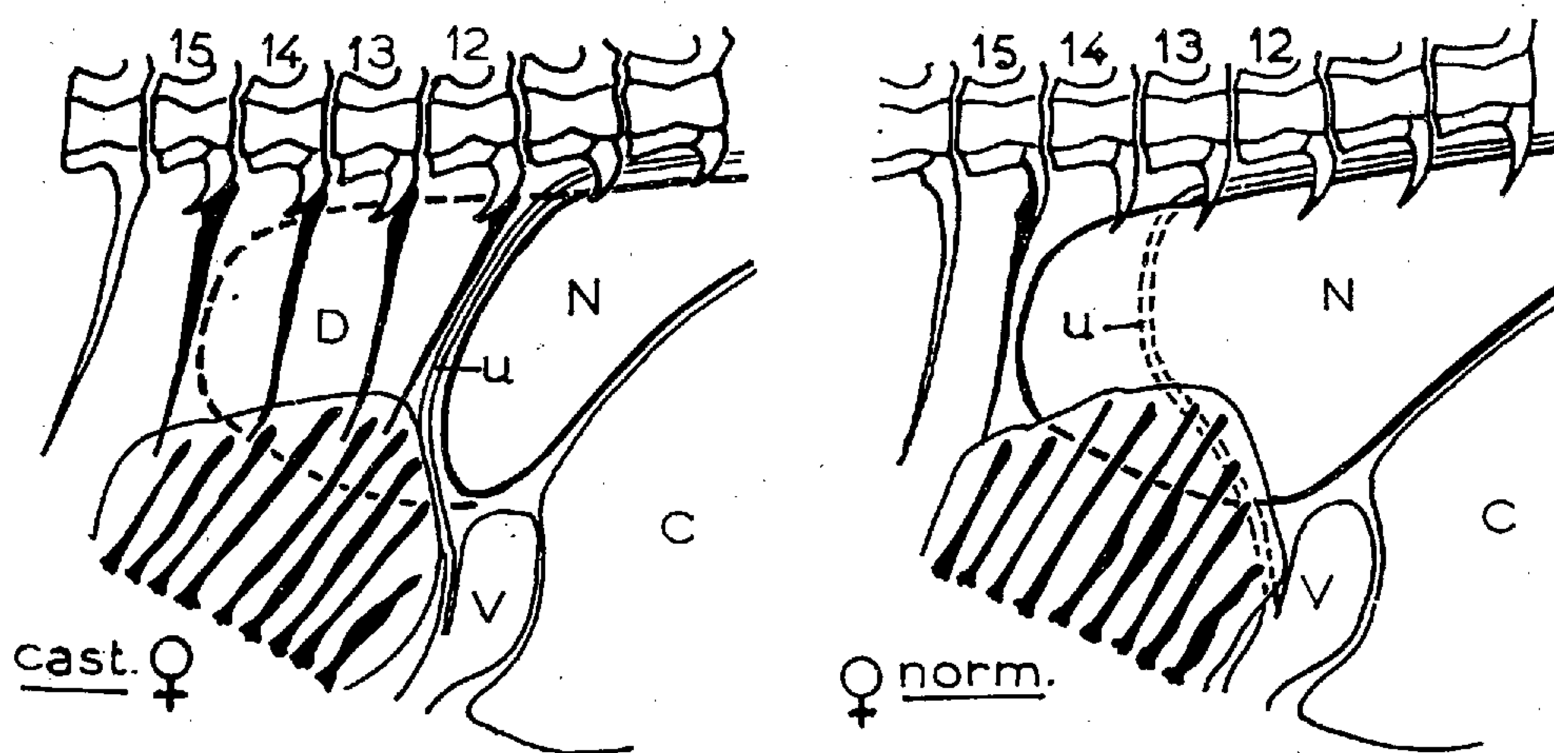
Nous avons montré ([1]) que l'anatomie de la région postviscérale des ♀ de Xiphophores se distinguait nettement de celle des ♂ et se différenciait très tôt, à partir d'un type d'organisation indifférent rencontré chez les jeunes dont les indices corporels sont inférieurs à 150/55. Ces caractères anatomiques portent sur : la structure du squelette interne axial, qui subit, parallèlement à l'entrée en maturation de la gonade, des modifications importantes (régression progressive des hémapophyses et hémépines correspondant aux 12e, 13e et 14e corps vertébraux chez les ♀); la morphologie de la vessie natatoire, qui, chez les ♀, s'étend vers l'arrière en un lobe unique, alors qu'elle est bilobée chez les ♂; la position des uretères, qui, chez les ♀, sont rejetés latéralement au lieu de rester dans le plan sagittal du corps; le maintien au stade indifférencié des pièces interhémales supportant la nageoire anale restée, elle aussi, indifférenciée; le faible développement de la musculature motrice de la nageoire anale.

Après avoir précisé ([1]) les conditions dans lesquelles s'effectue cette différenciation, nous avons été amené à en rechercher le déterminisme.

La *castration*, pratiquée sur des jeunes, n'ayant pas dépassé les indices 120/30, montre, qu'après 7 et 8 mois de survie (limites normales de la différenciation), tous les castrats conservent une structure de la région postviscérale comparable à celle des jeunes ♂ immatures (persistance des hémapophyses et hémépines indifférenciées : indifférenciation des épines interhémales et des rayons de la nageoire anale; maintien des uretères en position sagittale; massif musculaire moteur de la nageoire peu développé; extension postérieure, bilobée, de la vessie natatoire, de part et d'autre d'un septum formé autour des hémépines persistantes) (voir *figure*).

([1]) J. Vivien, *C. R. Soc. Biol.*, 145, 1951, p. 1551; J. Vivien et T. Mohsen, *C. R. Soc. Biol.*, 145, 1951, p. 1364.

La castration pratiquée sur des jeunes, d'indices compris entre 120/30 et 150/55, permet d'obtenir des castrats ♂ qui conservent tous le type décrit ci-dessus, tandis qu'un assez grand nombre de castrats ♀ présentent des types transitoires de régression des hémépines d'autant plus accusés que la castration est plus tardive. Ces formes intermédiaires correspondent à des phases de la différenciation normale que nous avons décrites antérieurement ([1]).



Schémas comparatifs des structures rencontrées chez une ♀ castrée et chez une ♀ normale témoin. C, cavité viscérale; D, diverticule postérieur de la vessie natatoire N; *u*, uretères; *v*, vessie urinaire.

Il semble donc que les phénomènes régressifs observés chez les ♀ soient sous le contrôle de la gonade; les régressions observées s'amorcent très précocement, dès le début de l'entrée en petit accroissement de l'ovaire.

L'étude expérimentale de l'*action des hormones* sexuelles ainsi que des *implants de gonades fraîches*, nous a montré que : le *propionate de testostérone* ou l'*anhydrooxyprogestérone* provoquaient, chez les jeunes ♀ traitées avant la phase de différenciation (indice 150/55), le maintien des hémépines et leur différenciation en gonapophyses, ainsi que la différenciation en gonactines des épines interhémales et l'apparition d'un gonopode plus ou moins typique ([2]); les mêmes traitements, appliqués tardivement, ne maintiennent et ne masculinisent que les formations non encore régressées lors de l'intervention; même en présence de l'ovaire intact, les hormones masculinisantes, appliquées à doses pharmacologiques, inhibent toute régression et provoquent une différenciation ♂ des éléments squelettiques du suspensonium gonopodial, présents au moment de l'intervention; la *déhydrofolliculine* ainsi que l'*acide diméthyléthylallénolique* ([3]).

([2]) J. Vivien et T. Mohsen, *C. R. Soc. Biol.*, 146, 1952, p. 773.

([3]) Novestrine Cremy G. C.

nous ont donné des résultats inconstants, provoquant, dans quelques cas seulement (17/26 survivants), la régression des hémépines chez les jeunes ♂ castrés ou entiers : l'*implantation répétée d'ovaires jeunes* à des ♂ infantiles castrés provoque l'apparition d'une morphologie ♀ plus ou moins complète.

Il existe donc, chez les Xiphophores, une différenciation morphologique postviscérale, spécifique du sexe ♀ qui met en jeu des processus régressifs contrôlés par l'ovaire, vraisemblablement par une sécrétion de nature hormonale œstrogène. Cette action est très précoce. Le type ♀ n'est pas le type neutre de l'espèce, comme l'avaient signalé tous les auteurs n'ayant pris en considération que la morphologie externe, mais un type sexuellement différencié, qui s'oppose au type infantile et au type ♂. Le type neutre manifesté chez les castrats, ne peut être rencontré que chez les ♂ en différenciation tardive, pendant une courte période qui précède l'entrée en prématuration du testicule.

BIOLOGIE EXPÉRIMENTALE. — *Régénération et métamorphose chez un Batracien anoure,* Alytes obstetricans. Note de M. **Maurice Lecamp**, présentée par M. Pierre-P. Grassé.

Chez les Batraciens anoures, en général, le pouvoir de régénération disparaît, au cours du développement larvaire, à l'approche de la métamorphose. Pour certains auteurs, c'est l'hormone thyroïdienne qui est considérée comme responsable de cette inhibition, soit en modifiant les tissus en général de l'organisme, soit en agissant plus particulièrement sur ceux de régénération. Ces opinions sont énoncées, pour la plupart, à la suite d'expérimentations utilisant des substances, provoquant ou inhibant la métamorphose, en solution dans le liquide d'élevage des animaux. Par cette technique opératoire, les organes en régénération sont en contact avec ces substances et celles-ci peuvent agir directement sur les régénérats, surtout au début du processus. Pour cette raison, il nous a semblé préférable de rechercher les rapports de la régénération et de la métamorphose en laissant celle-ci se dérouler normalement.

Environ 15 jours avant la métamorphose, à 21 têtards d'*Alytes* au stade III [1], la presque totalité d'un des membres postérieurs est supprimée par une section pratiquée dans le milieu de la cuisse. De l'ensemble des opérés, 4 restent à l'état de têtard; pour les autres métamorphosés normalement : 7 ne régénèrent pas, 2 donnent des membres normaux et 8 développent des régénérats atypiques. Chez ces derniers, les appendices

---

[1] *Comptes rendus*, 220, 1950, p. 1110.

régénérés sont très différents entre eux soit par le nombre de doigts, l'absence d'une partie du membre ou d'une articulation soit, enfin, par la production de protubérances plus ou moins importantes. Les régénérats ont la forme d'une palette aux premiers signes de la métamorphose, au cours de celle-ci et jusqu'à sa fin leur croissance et leur différenciation se poursuivent mais les formations n'en restent pas moins, en général, imparfaites. Il en est différemment si la régénération est provoquée par amputation du membre au même stade, mais à une époque très éloignée de la métamorphose, 6 à 7 mois. Dans une expérience précédente, réalisée sous cette condition (²), les régénérats normaux obtenus le sont dans une proportion beaucoup plus importante. Si les amputations sont faites à la même époque d'éloignement de la métamorphose, mais sur des membres d'un stade plus évolué, les régénérations sont de plus en plus déficientes et même absentes. Chez les Anoures, habituellement étudiés, les membres postérieurs acquièrent leur développement définitif près de la métamorphose.

La relation chronologique des deux phénomènes a fait considérer celle-ci responsable de la perte du pouvoir de régénération de ceux-là. En fait, les deux processus ne sont pas nécessairement liés; chez le Têtard d'*Alytes*, par exemple, les membres postérieurs peuvent être à un stade où ils ne régénèrent plus ou presque plus, tout en étant à une époque éloignée de la métamorphose. C'est ainsi que dans les deux dernières expériences précitées, les régénérats sont plus ou moins normaux selon l'état d'évolution des membres au moment de l'amputation; il y a un stade limite de possibilité de régénération sans, pour cela, que la métamorphose entre en jeu.

Dans la première expérience, à l'encontre des deux autres la régénération est provoquée très près de la métamorphose. Malgré que les membres soient amputés à un stade où ils peuvent régénérer normalement, en raison de la rapidité du développement, les moignons de régénération atteignent très vite le stade limite où ils peuvent difficilement régénérer — les régénérats en sont d'autant atypiques — en même temps que la métamorphose se déclenche. Il y a apparence de relation entre les deux processus.

La métamorphose s'effectuant naturellement n'est pas la cause de la perte du pouvoir de régénération chez le Têtard d'*Alytes*. Elle n'est pas non plus inhibitrice d'un processus de régénération préalablement provoqué et en cours d'évolution au moment où elle se manifeste.

(²) *Loc. cit.*, 1950.

RADIOBIOLOGIE. — *Action restauratrice de la peroxydase sur des bactéries irradiées.* Note de M. **Raymond Latarjet**, présentée par M. Antoine Lacassagne.

La peroxydase, comme la catalase, restaure certaines bactéries vouées à la stérilité par de fortes doses de rayons ultraviolets. Cette restauration semble résulter de ce que l'enzyme catalyse l'oxydation de substrats organiques par certains peroxydes radio-formés, et détourne ainsi ces derniers du processus d'altération cellulaire.

Certaines bactéries, stérilisées par de fortes doses de rayons ultraviolets, sont restaurées par la catalase (1), en ce sens que le nombre des cellules irradiées capables de donner une colonie sur gélose est augmenté de 100 à 1000 fois par l'adjonction de cet enzyme *après* l'irradiation. L'action restauratrice intéresse des composés relativement stables qui sont probablement des peroxydes organiques produits par l'irradiation du protoplasme bactérien, et qui constituent des intermédiaires dans le processus de la radiolésion léthale (2). Lors d'un chauffage progressif, la catalase voit décroître, puis disparaître son pouvoir de restauration en même temps que son activité enzymatique (3). La restauration est donc liée à une manifestation enzymatique de la catalase, c'est-à-dire soit à la décomposition d'hydroperoxydes (effet catalasique), soit à l'engagement de ces substances dans l'oxydation de substrats voisins (effet péroxydasique). L'effet catalasique apparaît peu probable du fait que le pyruvate de sodium et la réductose, qui décomposent l'eau oxygénée, ne restaurent pas. Les expériences suivantes démontrent qu'il s'agit bien d'un effet peroxydasique, en révélant que la peroxydase, qui n'assure que cet effet, restaure également.

Un échantillon de peroxydase, extrait du raifort et procuré par B. C. Saunders (4), a été essayé comparativement à la catalase sur *E. coli*, souche K. 12 S, selon la technique de restauration déjà décrite (2). Le tableau ci-après donne les détails et les résultats d'une expérience.

L'échantillon, dont l'activité était environ le quart de celle des préparations les plus actives connues, donnait la restauration maximum à la concentration de 50 γ par centimètre cube de gélose. Tout comme avec la catalase, la restauration était augmentée par une illumination modérée du mélange bactéries irradiées-enzyme avant l'incubation.

---

(1) J. Monod, A. M. Torriani et M. Jolit, *Comptes rendus*, 229, 1949, p. 557.
(2) R. Latarjet et L. R. Caldas, *J. gen. Physiol.*, 35, 1952, p. 455.
(3) B. Miletic et P. Morenne, *Ann. Inst. Pasteur*, 83, 1952, p. 515.
(4) B. C. Saunders et G. H. Watson, *Biochem. J.*, 46, 1950, p. 629.

TABLEAU.

K. 12 S en suspension dans un tampon minéral : (1.10⁷ cellules par centimètre cube).

U. V. : 2 200 ergs mm^{-2} (λ : 2 537 Å).

Étalement sur gélose : 0,1 cm^3 (10^6 cellules) par boîte.

	Nombres de colonies après incubation			
	témoin (sans enzyme).	avec catalase.	avec peroxydase.	avec catalase et éthanol.
Obscurité	0	461	409	822
Lumière	3	748	799	1537

Dans tous les cas, peroxydase et catalase donnèrent des taux de restauration si voisins que l'on peut considérer qu'elles restauraient la même catégorie de cellules. Il est donc légitime d'admettre que ces deux enzymes agissent ici selon le même mécanisme, c'est-à-dire par effet peroxydasique : des hydroperoxydes radio-formés doivent être déviés du processus léthal par l'oxydation de substrats organiques, réaction catalysée par l'enzyme, et connue comme étant favorisée par la lumière (5). D'ailleurs, conformément à une suggestion orale de M. A. Rosenberg, on double la restauration en joignant à l'enzyme un excès de substrat oxydable, sous forme d'éthanol (tableau).

La formation d'hydroperoxydes stables par l'irradiation de systèmes organiques a été reconnue, et le rôle de ces substances démontré dans la production de maintes radio-lésions telles que l'effet léthal (6), l'effet mutagène (7), l'induction de la croissance de certains virus (8), (9), la fission des acides nucléiques (10). Les expériences présentes semblent démontrer que le rôle de ces substances dans l'effet léthal des rayons ultraviolets peut, dans certains cas (11), être déjoué par des enzymes qui les réduisent dans des réactions peroxydasiques.

(5) J. L. PHILPOT (Communication personnelle).

(6) O. WYSS, F. HAAS, J. B. CLARK et W. S. STONE, *J. cell. comp. Physiol.*, **35**, (suppl.), 1950, p. 133.

(7) F. H. DICKEY, G. H. CLELAND et C. LOTZ, *Proc. Nat. Acad. Sc.*, **35** 1949, p. 581.

(8) A. LWOFF et F. JACOB, *Comptes rendus*, **234**, 1952, p. 2308.

(9) M. OSAWA (Communication personnelle de K. Yamafuji).

(10) B. E. CONWAY et J. A. BUTLER, *J. Chem. Soc.*, 1952, p. 834.

(11) Ce traitement chimique n'a jamais restauré plus de 1 % des cellules irradiées, soit que la réaction restauratrice ait un faible rendement, soit, plus probablement, que le processus lésionnel intéressé ne joue qu'un rôle mineur parmi les processus initiés par l'irradiation et aboutissant à la stérilisation des bactéries.

CHIMIE BIOLOGIQUE. — *Sur la pluralité des ptérines des écailles des cyprinidés et des œufs de* Bombyx Mori. Note de MM. **Michel Polonovski, Carlos Alcantara** et **René-Guy Busnel**, présentée par M. Maurice Javillier.

La similitude des propriétés physiques, chimiques et physiologiques nous avait conduits à admettre l'identité de structure d'un certain nombre de substances à fluorescence bleue de nature ptérinique et isolées par nous, soit de l'écaille de carpe, soit des œufs de ver à soie. Nous avions dénommé ce pigment *fluorescyanine* (1) et l'avions considéré comme identique aussi à la ptérine des écailles de poisson extraite par Huttel et Sprengling (2) sous le nom d'ichtyoptérine. Par la suite, Tschesche et Korte (3) attribuèrent à ce dernier dérivé la même constitution que celle de l'acide 2-amino 4.7-dihydroxyptéridine 6-acétique (ou isoxanthoptérineacétique) préparé par synthèse. Mais en chromatographiant à l'aide d'une solution de $ClNH_4$, Hirata, Nawa, Matsuura et Kakizawa (4) obtinrent une différenciation de la fluorescyanine et du pigment du ver à soie. De notre côté, nous avons été également amenés, lors d'une étude comparée de toutes ces ptérines d'origine différentes, à revenir sur nos conclusions initiales et à reconnaître la dualité certaine des pigments fluorescents des écailles de *Cyprinus carpio* et des œufs de *Bombyx Mori.*

De même, l'identité de l'acide isoxanthoptérineacétique avec notre fluorescyanine nous paraissait improbable du fait de la différence de stabilité du carboxyle du produit de synthèse, ce dernier se transformant facilement en méthylisoxanthoptérine sous l'effet d'une élévation de température.

Lorsque nous utilisons la même technique de chromatographie sur papier que Tschesche, si nous partons de 3 gouttes d'une solution contenant 1 mg de ptérine dans 100 cm^3 de NH_3, 3N, sur papier Watman n° 1, nous obtenons, en développant, à l'aide d'une solution aqueuse de $ClNH_4$ à 3 %, les R_F suivants, révélés par fluorescence en ultraviolet.

Ptérine de l'écaille de carpe	0,64
» des œufs de *Bombyx Mori*	0,32
Acide isoxanthoptérineacétique	0,64 et 0,30
Méthylisoxanthoptérine	0,30

La deuxième tache de R_F 0,30, obtenue à partir de l'acide isoxanthoptérineacétique, correspond au dérivé décarboxylé qui se forme au cours des

(1) M. Polonovski, R.-G. Busnel et M. Pesson, *Comptes rendus*, **217**, 1943, p. 163.
(2) *Ann. Chem.*, **554**, 1943, p. 69.
(3) *Ber. Dtsch. Chem. Ges.*, **84**, 1951, p. 801.
(4) *Experientia*, **8**, 1952, p. 339.

manipulations. Ainsi, la ptérine des œufs de ver à soie est bien distincte de celle que l'on trouve dans les écailles de Carpe (malgré la similitude de leur chromatogramme sur papier effectué à l'aide de solvants organiques divers ou de la chromatographie sur colonne d'alumine).

D'autre part, l'acide isoxanthoptérineacétique se décarboxyle très facilement et donne toujours une tache parasite sur le chromatogramme correspondant à la méthylisoxanthoptérine situé à un niveau très voisin de celui qui provient de la ptérine des œufs de *Bombyx Mori*. Cependant, un extrait méthanolique et ammoniacal de ces œufs, convenablement purifié, se comporte d'une manière très différente au cours d'une chromatographie sur colonne d'alumine du comportement de la méthylisoxanthoptérine de synthèse. Cette dernière se situe nettement plus bas, la plage fluorescente restant en surface de la colonne d'adsorption.

Nous arrivons donc à la conclusion que la fluorescyanine (des écailles de Carpe) est distincte à la fois de la ptérine des œufs de *B. Mori* (pour laquelle nous proposons le nom de fluorescyanine B ou, encore, d'*isofluorescyanine*) et de l'ichtyoptérine, si celle-ci répond bien à la formule de l'acide 2-amino 4.7-dihydroxyptéridine 6-acétique. Il n'est pas non plus encore démontré que la fluorescyanine B soit identique à la méthylisoxanthoptérine.

CHIMIE BIOLOGIQUE. — *Présence dans les huiles de foies de poissons d'un nouveau composé antirachitique et de son précurseur.* Note de M. **Yves Raoul**, Mlle **Noellie Le Boulch**, MM. **Jean Chopin**, **Paul Meunier** et Mme **Andrée Guérillot-Vinet**, présentée par M. Maurice Javillier.

Nous avons précisé dans une Note récente ([1]) les méthodes de synthèse de notre vitamine D_7 à partir du cholestérol. Nous exposons comment on peut l'extraire des huiles de foies de poissons.

1° *Extraction du composé antirachitique préformé.* — Dans une petite ampoule à décanter renfermant 20 cm³ d'eau du robinet (suffisamment calcaire), on ajoute 5 cm³ de potasse méthanolique à 5 % récemment préparée à chaud et refroidie. On verse 5 cm³ d'huile de foie de morue et l'on procède à des extractions rapides et répétées par l'éther sulfurique sans peroxyde jusqu'à ce que l'extrait éthéré évaporé et repris par le réactif de Carr et Price en présence d'une goutte d'anhydride acétique ne donne plus de coloration sensible. On laisse finalement la phase hydro-alcoolique en présence de 20 cm³ d'éther sulfurique jusqu'au lendemain. L'extrait éthéré présente alors un spectre ultra-

([1]) *Comptes rendus*, 235, 1952, p. 1439.

violet simple avec maximum à 265 mμ. On concentre sous vide ou sous courant d'azote à 2 ou 3 cm³, on filtre rapidemant sur une petite colonne renfermant 1 g d'alumine à chromatographie Prolabo, on achève de concentrer à tout petit volume et on précipite par le méthanol refroidi à — 20°. On obtient un fin précipité que l'on peut purifier, à partir de plusieurs opérations, par redissolution dans l'éther et précipitation dans le méthanol.

Le corps obtenu ne peut être distingué de celui qui est préparé par synthèse ([2]). $E_{1\,cm}^{1\,\%}$ à 265 mμ : 110 à 120 (éther sulfurique), rapport C/H = 7,3 environ. Un résidu calcique de 15 à 20 % s'observe après combustion. L'activité antirachitique sur le Rat est de 20 000 U.I./mg.

Cette extraction reproduit le dernier stade de la préparation synthétique du même corps à partir du cholestérol tel que nous l'avons décrit récemment ([1]). On remarquera que le principe de l'extraction repose sur *le passage très lent du corps actif calcique dans l'éther sulfurique*.

Le corps actif isolé est le composé dit « actif en milieu alcalin » ([2]), mais il se présente sous la forme « active en milieu acide » dans l'huile naturelle en raison de la réaction acide de celle-ci. L'alcoolisation *à froid* en présence de traces de chaux assure la transformation en forme « alcaline » calcique sans toutefois activer le précurseur.

On peut répéter l'expérience avec des huiles de foies d'autres espèces de poissons, de requin par exemple, mais les extractions préliminaires pour éliminer la vitamine A et divers stérols sont plus laborieuses.

2° *Extraction et activation du précurseur.* — On filtre sur une petite colonne renfermant environ 3 g d'alumine à chromatographier Prolabo, une solution de 1 cm³ d'huile de foie de Requin concentrée par distillation moléculaire à 500 000 U. I. de vitamine A par gramme, dans 5 cm³ de tétrachlorure de carbone. On lave avec du tétrachlorure de carbone jusqu'à non-coloration du filtrat évaporé par le réactif de Carr et Price. On élimine ainsi notamment les esters de la vitamine A et le corps actif préformé. Le précurseur, accompagné de la vitamine A alcool, est élué par l'éther sulfurique. On évapore sous vide et l'on reprend par 5 cm³ de potasse méthanolique à 5 %. On chauffe une minute à l'ébullition et l'on verse dans une ampoule à décantation renfermant 20 cm³ d'eau du robinet suffisamment calcaire. Les extractions immédiates par l'éther sans peroxyde éliminent notamment la vitamine A alcool. Après 12 h, on extrait le même produit « actif en milieu alcalin » que précédemment. On peut aussi isoler de façon intermédiaire le précurseur en concentrant l'éluat éthéré et en précipitant par le méthanol à froid. Le traitement alcalin *à chaud* est ici indispensable pour activer le précurseur. On peut aussi extraire de même et activer le précurseur de l'huile de foie de Morue.

([2]) *Comptes rendus*, **232**, 1951, p. 1258 et **234**, 1952, p. 2493.

Par gramme d'huiles de foies, on obtient les rendements suivants de produit final exprimés en microgrammes ([3]) :

	Préformé.	Précurseur.
Morue..................	16,2	8,6
Thon.....................	67	–
Requin (DM)............	36	220

L'activation facile du précurseur en milieu alcalin rend compte des excédents d'activité observés par saponification des huiles naturelles ([4]). Le fait que l'activité antirachitique des huiles soit en majeure partie due à notre produit, qui n'a pas de fonction alcool libre, explique les échecs ([4]), ([5]) ou les anomalies ([6]) d'isolement de la vitamine D_3. Enfin, la présence de cette dernière dans les huiles ([7]) n'est pas inconciliable avec les conclusions du présent travail en raison des relations de structure entre vitamines D_3 et D_7 que nous exposerons prochainement.

En résumé, les derniers stades de l'activation du cholestérol en milieu acide se retrouvent dans les huiles de foies de divers poissons. Une partie importante, sinon la totalité de leur activité antirachitique, doit être rapportée au corps actif dont nous avons décrit la synthèse ([1]), ([2]).

CHIMIE BIOLOGIQUE. — *Analogues structuraux de la chloromycétine. VI. Action bactériostatique de bases de Schiff apparentées au chloramphénicol.* Note de M[lles] **Denise Billet** et **Christiane Marnay**, présentée par M. Maurice Javillier.

Les relations entre la structure chimique et l'activité bactériostatique dans la série du chloramphénicol ont été étudiées par de nombreux auteurs. Nous avons limité nos investigations à la série des *p*-nitrophénylsérines et de leurs dérivés ([1]).

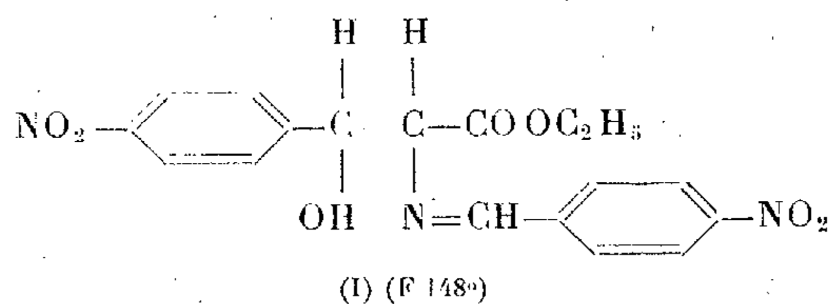
La préparation de la *p*-nitrophénylsérine sous ses deux configurations érythro et thréo, nous a conduites à effectuer des condensations au cours desquelles nous avons isolé les bases de Schiff de l'érythro (I), et du

---

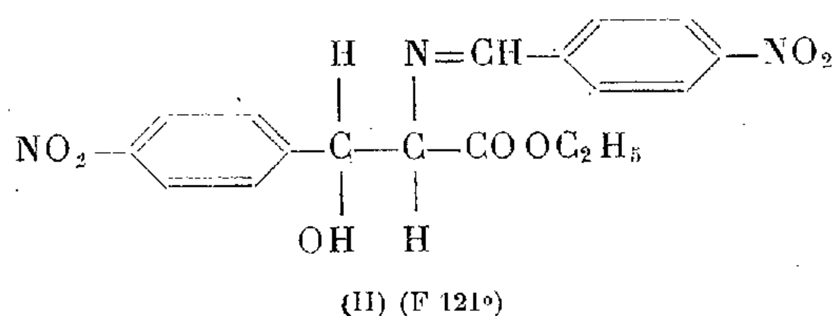
([3]) On obtient les activités correspondantes en U. I. en multipliant ces chiffres par 20.
([4]) O. Neracher et T. Reichstein, *Helv. Chim. Acta,* 19, 1936, p. 1382.
([5]) G. A. D. Haslewood et J. C. Drummond, *J. Soc. Chem. Ind.*, 55, 1936, p. 598.
([6]) C. E. Bills, O. N. Massengale, K. C. D. Hickman et E. L. Gray, *J. Biol. Chem.*, 126, 1938, p. 241.
([7]) H. Brockmann, *Z. Physiol. Chem.*, 241 1936, p. 105; 256. 1938, p. 252.

([1]) D. Billet, *Bull. Soc. Chim. Fr.*, 1952, p. 33 D-38 D.

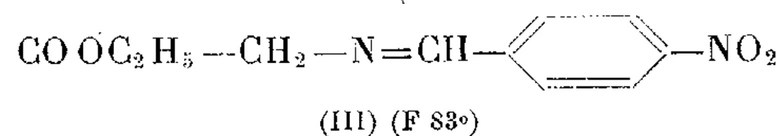
thréo (II)-*p*-nitrophénylsérinate d'éthyle et du glycocollate d'éthyle (III) ([2]).



(I) (F 148°)



(II) (F 121°)



(III) (F 83°)

L'activité bactériostatique (sur *E. coli* cultivé sur milieu synthétique) de ces trois composés est représentée dans le tableau I, parallèlement à celle de la chloromycétine et de l'aldéhyde *p*-nitrobenzoïque (A-*p*-NB) (inhibiteur déjà connu) ([3]).

TABLEAU I.

Substances étudiées.	Concentrations.	Croissance de *E. coli*. 16 h.	40 h.
Témoin	–	+ + +	+ + +
Chloromycétine	10^{-5}	0	0
	10^{-6}	+	+ +
Corps (I)	2.10^{-4}	0	0
	5.10^{-5}	0	+ +
	10^{-5}	+	+ +
Corps (II)	3.10^{-4}	0	+ + +
	10^{-4}	+ + +	+ + +
Corps (III)	5.10^{-5}	0	+
	10^{-5}	+	+ +
Acide *p*-nitrobenzoïque	3.10^{-5}	0	+
	10^{-5}	+ + +	+ + +

Les trois bases de Schiff sont bactériostatiques à des concentrations diverses,

([2]) D. BILLET (sous presse).

([3]) S. M. ROSENTHAL, HUGO BAUER et E. ELVOVE, *U. S. Pub. Health Repts*, 54, 1939, p. 1317-1336.

mais, dans tous les cas, l'inhibition est du même type que celle de la chloromycétine ou de l'A-*p*-N B : en effet entre les concentrations inactives et celles entraînant une inhibition totale et durable, *la zone permettant une faible croissance de* E. coli *est très étroite*. Cette similitude de mode d'action entre ces bases de Schiff et l'A-*p*-N B nous a amenées à faire l'hypothèse suivante : l'activité bactériostatique de ces composés serait due à une libération d'aldéhyde *p*-nitrobenzoïque.

Le tableau II représente, pour chaque composé étudié, la quantité d'A-*p*-N B de la molécule, correspondant à la concentration bactériostatique limite (croissance O en 16 h et ++ en 40 h).

TABLEAU II.

	Concentration bactériostatique limite.	Aldéhyde *p*-nitrobenzoïque correspondant.
Chloromycétine	5.10^{-6}	$2,5.10^{-6}$
A-*p*-N B	3.10^{-5}	3.10^{-5}
(I)	5.10^{-5}	2.10^{-5}
(III)	5.10^{-5}	$3,2.10^{-5}$
(II)	3.10^{-4}	$1,2.10^{-4}$

Ces chiffres sont favorables à l'hypothèse ci-dessus pour les dérivés (I) et (III) dont l'activité correspond à celle de l'A*p*-NB qu'ils renferment. Dans le cas des stéréoisomères (I) et (II), le dérivé érythro est le plus actif et c'est justement celui dans lequel l'A*p*-NB peut être libéré le plus facilement *in vitro*.

Cependant l'activité de la chloromycétine est environ dix fois supérieure à celle que l'on pourrait déduire de sa teneur en A*p*-NB. Celui-ci, quoique engagé sous forme aldol, chimiquement plus stable que la liaison anile des dérivés (I), (II), (III), apparaît néanmoins au cours de la dégradation de la chloromycétine ajoutée aux milieux de culture de la plupart des bactéries étudiées ([4]). L'action exceptionnellement antibiotique de ce composé doit donc être rapportée à un mécanisme particulier dont le plus simple serait une pénétration intracellulaire élective pour laquelle interviendrait la configuration générale de la molécule, suivie d'une libération d'A*p*-NB. Par ailleurs, parmi les nombreux analogues structuraux synthétisés, la présence du groupement nitré en para paraît être une condition importante pour l'obtention de substances notablement actives ([5]).

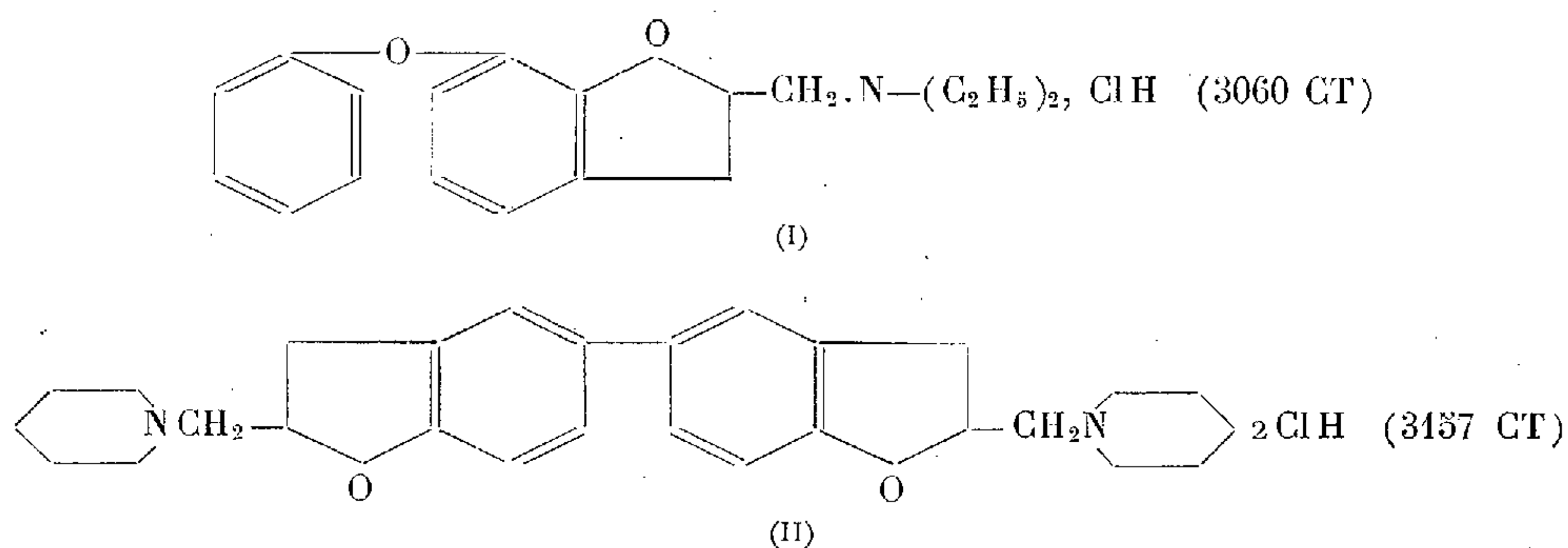
([4]) G. N. SMITH et C. S. WORREL, *Arch. f. Biochem.*, **28**, 1950, p. 232.

([5]) O. DANN et M. ULRICH, *Z. für Naturforschung*, 7 *b*, 1952, p. 6.

PHARMACOLOGIE. — *Activités cardiaques de deux dérivés aminométhylcoumaraniques.* Note de MM. **Albert Funke**, **Joseph Jacob** et **Karl von Däniken**, présentée par M. Jacques Tréfouël.

Deux dérivés d'aminométhylcoumaranes sont étudiés. L'un deux, le chlorhydrate de diéthylaminométhyl-2 phénoxy-7 coumarane est un antifibrillant puissant, tandis que l'autre, le dichlorhydrate de dipipéridinométhyl-2.2'-dicoumaranyl semble s'apparenter, par ses propriétés, aux corps digitaliques.

Les aminométhylcoumaranes synthétisés jusqu'à ce jour n'ont présenté que des propriétés pharmacologiques relativement peu développées. Cependant, ils peuvent être rattachés aux phénoxyalcoylamines, dont ils ne diffèrent que par la cyclisation de la chaîne latérale aminée. Or, la synthèse et l'étude de diverses séries de phénoxyalcoylamines ont permis de constater que plusieurs d'entre elles sont douées d'activités pharmacologiques intenses. Il nous a paru souhaitable de préparer de nouveaux aminométhylcoumaranes ayant un poids moléculaire relativement élevé, dérivant du diphényle, de l'oxyde de phényle, du diphénylméthane et de la benzophénone, et porteurs d'un cycle aminométhyldihydrofuranique, soit sur l'un des deux, soit sur les deux noyaux aromatiques. Les corps synthétisés ainsi et la suite des réactions permettant leur préparation seront décrits dans une publication ultérieure. Nous étudions, dans cette Note, les propriétés cardiaques de deux de ces produits, dont l'un est un dérivé de l'oxyde de phényle (I) et l'autre du diphényle (II) :

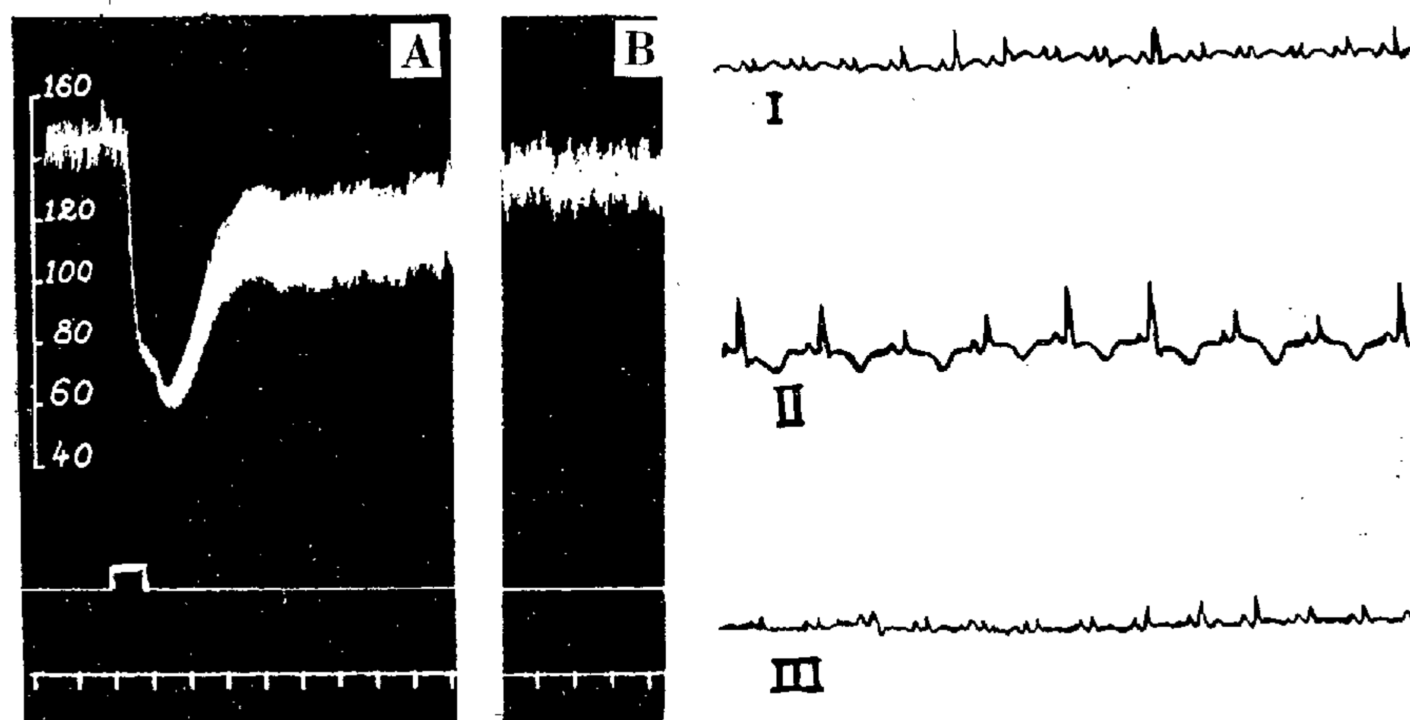


Le 3060 CT est surtout caractérisé par ses propriétés antiarythmiques. Chez le Chien chloralosé, il interrompt, avec 1-2 mg/kg, l'arythmie préfibrillatoire provoquée par le 2489 F (4-diéthylaminopropylamino-4'-aminodiphénylsulfone) (¹) et il prévient cette arythmie à la dose de 5 mg/kg.

(¹) D. Bovet, F. Bovet, T. Tréfouël et N. Beaugard, *Comptes rendus*, **222**, 1946, p. 1510; J. Jacob, G. Montézin et D. Bovet, *Arch. Int. Pharmacodyn.*, **80**, 1949, p. 420.

Il s'avère ainsi, avec ce test, au moins aussi actif que le Dacorène (1262 F) connu pour ses propriétés antifibrillantes [2].

Les principaux effets du 3157 CT (II) chez le Chien sont illustrés par la figure ci-après. On y voit que cette substance provoque une nette bradycardie avec inversion de l'onde T de l'électrocardiogramme. Ces phénomènes sont très reproductibles; ils durent, avec 10 à 20 mg/kg, pendant 10 à 20 mn. Classiquement, ces deux effets sont considérés comme assez caractéristiques de l'action des corps digitaliques aux doses thérapeutiques.



Expérience du 20 août 1952. — Chien chloralosé. *A gauche*, tracés tensionnels : A, en ⊓ 20 mg/kg i.v. de 3157 CT; B, 18 m plus tard. *A droite*, électrocardiogrammes : I, témoin (fréquence 130/m). II, 4 m après l'injection de 3157 CT (fréquence 80/m). III, 18 m plus tard (fréquence 100/m).

Le 3157 CT présente d'autres analogies avec les cardiotoniques digitaliques; il accroît, mais de façon modérée et transitoire, l'amplitude des contractions du cœur isolé de Lapin; à dose toxique, il provoque, sur cet organe, des arythmies diverses et parfois des systoles dont la phase de décontraction est anormalement longue. Le 3157 CT, par contre, diffère des corps digitaliques par plusieurs caractéristiques : action hypotensive transitoire (voir *figure*), persistance de la bradycardie et de l'inversion de l'onde T après section des vagues et (ou) atropinisation, absence d'effet tonique sur l'oreillette isolée du Lapin et le cœur de Grenouille, arrêt en diastole de ce dernier organe.

Il serait donc prématuré de considérer le 3157 CT comme un corps digitalique de synthèse; toutefois, sa parenté pharmacologique avec les glucosides cardiotoniques ne nous paraît pas être plus éloignée que celles d'autres substances pour lesquelles des actions à allure digitalique ont

---

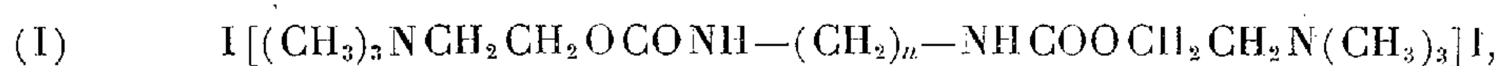
(2) D. Bovet, E. Fourneau, J. Tréfouël et H. Strickler, *Arch. Int. Pharmacodyn.*, 52, 1939, p. 234.

été décrites [lactones ([3]), acétamidine ([4]), 2489 F ([1])]; en tout cas, le 3157 CT nous semble mériter une étude plus approfondie.

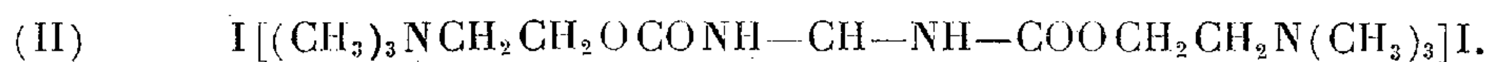
PHARMACODYNAMIE. — *Étude pharmacodynamique de quelques dérivés de la carbamoylcholine.* Note de MM. **Jean Cheymol, Raymond Delaby, Henri Najer** et Mlle **Yvonne Gay**, transmise par M. Léon Binet.

A la suite des travaux de Kreitmair ([1]) montrant en 1932 la grande activité de la carbamoylcholine, un nombre important de carbamates de la choline a été étudié.

P. Chabrier et deux d'entre nous ayant préparé les iodures des dicarbamates de bischoline du type I ([2]) ainsi que des analogues du type II qu'ils n'ont pas encore décrits, diverses actions pharmacodynamiques de ces sels d'ammonium quaternaire ont été déterminés.



(I) $I[(CH_3)_3NCH_2CH_2OCONH-(CH_2)_n-NHCOOCH_2CH_2N(CH_3)_3]I,$



(II) $I[(CH_3)_3NCH_2CH_2OCONH-\underset{\displaystyle R}{\underset{|}{CH}}-NH-COOCH_2CH_2N(CH_3)_3]I.$

Celles-ci sont résumées dans le tableau ci-après en les comparant à l'iodure correspondant au *Doryl* désigné par l'abréviation CC1.

Action curarisante. — Cinq substances sont nettement moins actives que les autres. Ce sont le 600 dont la contiguïté des 2-NH-centraux paraît défavorable et les 621-622-623-631 à chaîne intermédiaire ramifiée. L'activité diminue lorsque croît le nombre d'atomes de carbone de la chaîne ramifiée (622-623).

Pour les corps à chaîne linéaire (600 à 610), l'activité croît lorsque *n* passe de o à 6, puis elle décroît.

Les rapports des doses entraînant la chute de la tête, l'arrêt respiratoire et l'arrêt cardiaque sont assez favorables. Le 606 H. C. est un des curarisants les plus actifs, actuellement connus, parmi les dérivés de la choline. Curarisant

---

([3]) N. J. Giarman, *J. Pharmacol.*, 94, 1948, p. 32; 96, 1949, p. 119; F. W. Schueler et C. Hanna, *Arch. Int. Pharmacodyn.*, 86, 1951, p. 91.

([4]) B. N. Craver et coll., *J. Pharmacol.*, 99, 1950, p. 353; 101, 1951, p. 353.

([1]) H. Kreitmair, *Arch. exper. pathol.*, 164, 1932, p. 346-356.

([2]) R. Delaby, P. Chabrier et H. Najer, *Comptes rendus*, 234, 1952, p. 2374; 235, 1952, p. 376.

A notre connaissance, seuls deux de ces corps ont été préparés avant nous, le dérivé dichloré correspondant au **601** *H. C.* (*Voir* tableau), A. Ercoli, *Ann. chimica applicata*, 25, 1935, p. 263-273 et le corps correspondant au **602** *H. C.* (Bovet et coll., *Arch. int. pharmacodyn.*, 88, 1951, p. 1-50, dont les caractéristiques chimiques annoncées par V. Rosnati et D. Bovet, *Gazz. chim. ital.*, 1951, n'ont pas encore paru).

N°.	Constitution.	Toxicité. D. L. 50 Souris i/v (mg/kg).	Action sur P. A. Chien chloralosé. ↘	Par rapport à acétylcholine = 1.	↗	Par rapport à adrénaline = 1.	Action curarisante. Lapin. Chute de la tête (mg/kg).	Arrêt respiratoire (mg/kg).	Arrêt cardiaque (mg/kg).	Action myotique œil. Lapin. (sol. à 1 %).	Salivation lapin.
C. C. 1.	NH_2-COO-CH_2-CH_2-N≡$(CH_3)_3$ (I)	0,28	—	0,25			0,10	0,33	0,40	+	+++
600 *H. C.*	—NH—NH	30	—	0,0001			33,5	193	204	0	++
601 *H. C.*	—NH—CH_2—NH—	1,15	—	0,0005			0,67	1,34	2,09	0	
602 *H. C.*	—NH—$(CH_2)_2$—NH—	1,45	—	0,001			1,15	2,36	3,35	0	
604 *H. C.*	—NH—$(CH_2)_4$—NH—	0,5			—	0,006	0,32	0,95	1,22	0	+
605 *H. C.*	—NH—$(CH_2)_5$—NH—	0,27			—	0,008	0,14	0,35	0,40	0	
606 *H. C.*	—NH—$(CH_2)_6$—NH—	0,13			—	0,01	0,034	0,08	0,12	0	
610 *H. C.*	—NH—$(CH_2)_{10}$—NH—	0,5			—	0,005	0,09	0,23	0,33	0	
621 *H. C.*	—NH—CH(CH_3)—NH—	10	—	0,015			8,4	28,8	32,8	0	++
622 *H. C.*	—NH—CH(CH_2—CH_3)—NH—	60	—	0,002			35	89,2	114,7	+	+++
623 *H. C.*	—NH—CH(CH_3)—CH_2—NH—	7,5			—	0,0007	6,70	23,7	27,2	0	
631 *H. C.*	—NH—CH(C_6H_5)—NH—	4	—	0,05			2,6	5,02	5,88	+	++

chez les Mammifères, injecté à l'oiseau il entraîne une contracture. C'est un *leptocurare* au sens de Bovet ([2]). Ses effets curarisants ne sont pas supprimés par l'ésérine, le moranyl ou le rouge congo.

Action vasculaire. — Les premiers termes ont une action muscarinique supprimée par l'atropine ou la section des vagues.

D'autres sont hypertenseurs d'emblée, mais à action nicotinique supprimée par l'yohimbine, diminuée par surrénalectomie.

Action sécrétoire. — Six des 12 corps étudiés entraînent une exagération des sécrétions salivaire et bronchique.

Action sur l'œil. — Trois des six corps précédents ont une action myotique nette sur l'œil du Lapin.

L'étude pharmacodynamique détaillée de ces corps sera donnée par ailleurs.

MICROBIOLOGIE. — *Étude sur la toxinogenèse diphtérique. Suppression de l'action inhibitrice du fer par l'aération et l'agitation des cultures.* Note (*) de M. **Marcel Raynaud**, Mlle **Renée Saissac** et M. **Raymond Mangalo**, présentée par M. Jacques Tréfouël.

La formation de toxine diphtérique est inhibée, pour des doses relativement faibles de fer, en milieu synthétique, en culture non agitée. Si les cultures sont effectuées avec agitation et aération, l'inhibition par le fer est presque entièrement supprimée. On peut obtenir 60 UF par ml en présence de 1 mg de fer par litre, 36 UF par ml en présence de 4 mg de fer par litre.

Le fer inhibe la formation de la toxine diphtérique en milieu complexe ou synthétique. L'optimum de fer pour la toxinogenèse est bien défini et un excès relativement faible au delà de cet optimum supprime presque totalement la formation de toxine en culture non agitée ([1]), ([2]), ([3]). Nous l'avons vérifié dans le cas du milieu de Drew et Mueller ([4]). (Nous adressons nos remerciments au professeur Mueller qui nous a fait parvenir la souche Toronto).

Fer (μg/l)............	0	20	40	50	100	150	200	250	400	500	1000
Toxine (UF/ml)........	22,5	37,5	45	48	48	60	60	45	30	22,5	<6

Milieu Drew et Mueller : 20 ml en Erlenmeyer de 150 ml.
Culture à 33° *non agitée*. Prélèvement au 5e jour. Souche Toronto.

Par contre, l'action inhibitrice du fer cesse presque complètement, même pour des taux très élevés de fer (4 mg/l) si les cultures sont faites en milieu

(*) Séance du 10 décembre 1952.

([1]) J. W. Mueller, *J. Immun.*, 37, 1939, p. 103.

([2]) J. W. Mueller, *J. Immun.*, 42, 1941, p. 343.

([3]) A. M. Pappenheimer et S. J. Johnson, *Brit. J. Exp. Path.*, 17, 1936, p. 335.

([4]) *J. Bact.*, 52, 1951, p. 549.

agité et aéré. L'aération et l'agitation ont été réalisées par emploi de tubes analogues à ceux proposés par Monod ([5]). Le milieu et la souche étaient les mêmes que dans l'expérience précédente. La croissance a été mesurée par lecture au photomètre Klett-Summerson (écran 540). Dans les expériences effectuées en tubes en T (expériences 3, 8, 9), chaque série à la même concentration en fer, comportait 5 à 10 tubes. A certaines périodes, un tube était prélevé pour la détermination de la toxine par floculation.

Étant donné les fluctuations observées de récipient à récipient dans la toxinogénèse, les expériences de caractère statistique ainsi réalisées, présentent toujours des variations inattendues. Si l'on veut obtenir une vue plus exacte du phénomène, il faut opérer les prélèvements en fonction du temps dans le même ballon ([6]). C'est pourquoi l'expérience a été répétée en ballons de Fernbach de 1 l contenant 100 ml *de milieu* (*a*) et en Erlenmeyer de 1 l contenant 50 ml *de milieu* (*b*).

Expérience **3** :

Fer ajouté (*).	24 h.	41 h.	65 h.	4 j.	8 j.
0.....	<6(**)	18	36	51	42
50.....	<6	23	60	48	75
175.....	<6	18	63	54	75
1000.....	<6	<6	30	–	60

Expérience **9** :

Fer ajouté (*).	21 h.	40 h.	3 j.	5 j.	6 j.	7 j.
0.....	<6	20	38	55	45	48
175.....	<6	20	39	39	44	45
1000.....	<6	20	–	36	36	36
4000.....	<6	20	24	35	36	36

Expérience **8** :

Fer ajouté (*).	47 h.	3 j.	4 j.	6 j.	8 j.
0.....	<6	29	30	21	18
175.....	<6	36	33	28	33
1000.....	<6	30	33	30	30
4000.....	<6	33	32	30	30

Expérience **11** :

Fer ajouté (*).	39 h.	3 j.	4 j.	7 j.
a (***).				
0.....	<6	12	12	<6
175.....	12	24	27	24
1000.....	24	36	36	42
4000.....	12	18	18	18
b (***).				
0.....	18	42	54	42
175.....	12	36	45	48
1000.....	24	60	68	48
4000.....	<6	18	18	24

Nota. — Toutes les cultures ont été faites à 33° et agitées.
(*) Fer ajouté : microgramme par litre.
(**) Les chiffres rapportés correspondent au nombre d'unités de floculation par millilitre.
(***) *a.* Ballons de Fernbach; *b.* Erlenmeyers.

En conclusion, l'inhibition de la toxinogénèse diphtérique par le fer en excès peut être supprimée ou considérablement réduite par certaines conditions de culture (agitation et aération). L'optimum de fer pour la toxinogénèse augmente lorsque l'apport (ou l'accessibilité) de l'oxygène est augmenté.

([5]) *Bioch. et Biophys. Acta*, 7, 1951, p. 585.

([6]) M. Raynaud, R. Saissac, A. Turpin et M. Rouyer, *Ann. I. P.*, 1952, (sous presse).

L'évolution de la toxinogénèse en fonction du temps montre que dans ces conditions particulières de culture, la formation de toxine en présence d'un excès de fer est retardée par rapport à la toxinogénèse observée avec le taux optimum de fer. Si l'on arrêtait les cultures assez tôt, ce retard simulerait une inhibition totale (expérience 3, 41 h). L'inhibition classique observée en culture non agitée n'est pas de ce type car la prolongation de la culture jusqu'à 21 jours ne permet pas de faire apparaître de toxine en présence d'un excès de fer.

Divers auteurs ([7]), ([8]) avaient noté que l'aération augmentait la tolérance en fer du bacille diphtérique pour la toxinogénèse en milieu complexe. Mais pour des taux élevés de fer dans le milieu, ils retrouvaient toujours une inhibition totale. La suppression de l'inhibition que nous avons observée constitue un fait nouveau dont l'importance tient aux hypothèses qui ont été formulées ponr expliquer l'action du fer sur la formation de la toxine diphtérique.

PATHOLOGIE DES INSECTES. — *L'effet de l'alcalinité du milieu de culture sur la virulence de* Bacillus cereus *var.* alesti *Toum. et Vago, pour les Vers à soie.* Note de (*) MM. **Constantin Toumanoff** et **Constantin Vago**, présentée par M. Émile Roubaud.

Bacillus cereus var. *alesti* Toum. et Vago, très pathogène pour les Vers à soie en milieu de culture à réaction neutre (pH 7), perd sa virulence après plusieurs passages sur la gélose ordinaire alcaline (pH 9).

Le pH de culture peut ainsi être considéré comme un des facteurs entravant ou favorisant l'effet pathogène sur les insectes des bacilles entomophytes.

Nous avons décrit, sous le nom de *Bacillus cereus* var. *alesti* Toum. et Vago, un bacille, agent d'une flacherie infectieuse, très virulent *per os* pour les Vers à soie et dont nous avons défini les modalités d'action sur ces Insectes. Il fut établi que ce bacille exerce sur les Vers un double effet mortel, toxique et septicémique ([1]), ([2]).

La mort rapide est très constante, aussi bien avec des germes provenant de l'hémolymphe des individus malades, des tissus lysés des chenilles mortes, de la poudre provenant des cadavres desséchés, qu'avec ceux qui ont été maintenus en cultures, même pendant trois ans, sur milieu ordinaire, neutre.

([7]) F. V. Lingwood et E. L. Fenton, *Brit. J. Exp. Path.*, 28, 1947, p. 354.

([8]) S. Mitsuaki, M. Kurokawa et Y. C. Kojima, *Jap. J. Exp. Med.*, 21, 1951, p. 25.

(*) Séance du 10 décembre 1952.

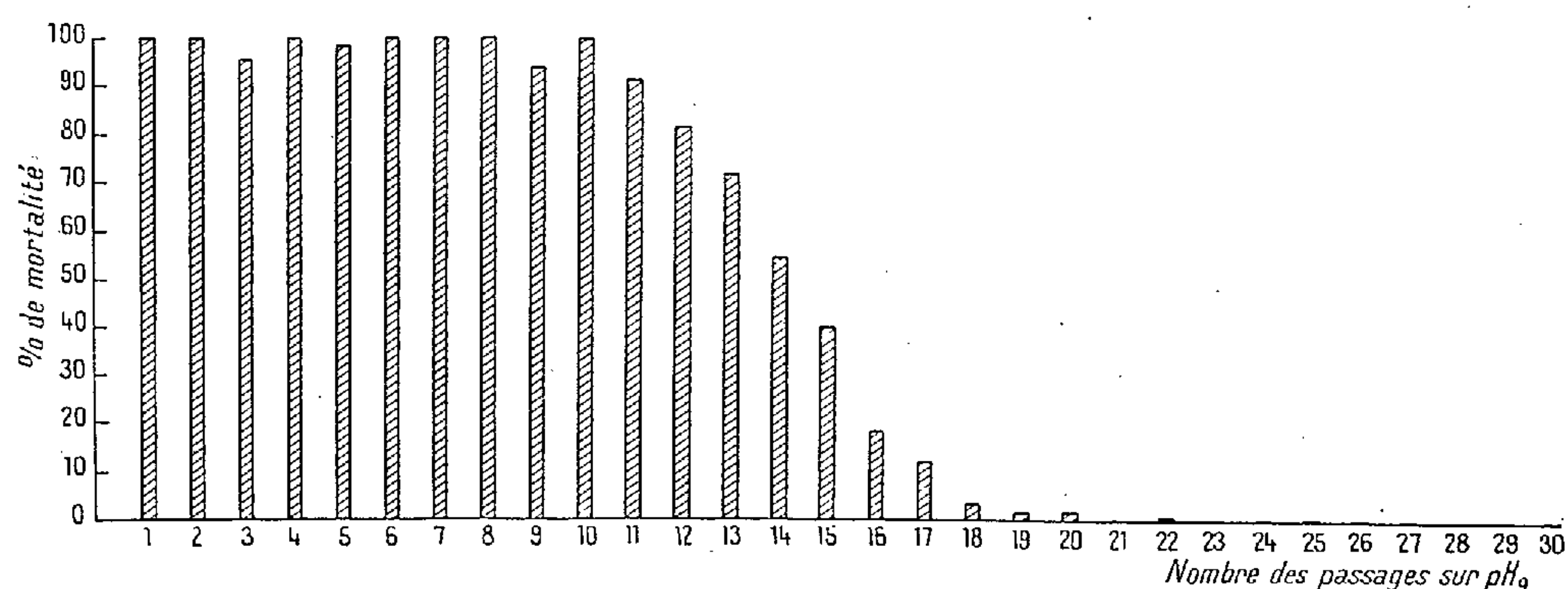
([1]) *Comptes rendus*, 233, 1951, p. 1504.

([2]) *Ann. Inst. Pasteur*, 83, n° 3, 1952, p. 421.

Nous avons observé, par contre, qu'une action toxique lente ou une septicémie retardée survient non seulement quand la dose des microbes ingérés est faible ([2]), mais souvent aussi quand le microbe a été transporté d'un milieu neutre sur un autre plus alcalin. Nous avons alors recherché un rapport éventuel entre l'alcalinité du milieu et la virulence de *Bacillus cereus* var. *alesti*.

A cet effet, nous avons utilisé comparativement pour l'infection de nos chenilles des cultures ayant subi de 1 à 30 passages sur gélose nutritive de pH 9.

Les chenilles expérimentées étaient au 4ᵉ âge. Les essais avec les cultures correspondant à chaque passage ont été effectués sur 100 vers, provenant d'un élevage spécial d'automne.



Le graphique ci-contre montre la mortalité survenue dans les 24 h qui ont suivi le repas infectant, ce dernier étant constitué, dans ce cas particulier, par une anse de culture de *B. cereus* var. *alesti* dans 1 cm^3 d'eau physiologique, dose invariablement fatale pour les vers.

Nous voyons que, dans le cas d'infection par cultures n'ayant subi que de 1 à 8 passages sur milieu de pH 9, la mortalité se maintient à 100 % comme avec les cultures en pH neutre.

A partir du 10ᵉ passage, la mortalité diminue progressivement, de telle sorte qu'après 14-15 passages elle n'atteint plus que 50 %.

On observe une atténuation de la toxicité : la mort ne survient plus qu'après plusieurs heures, quelquefois en 24 h, sans présence de bacilles dans l'hémolymphe, mais avec pullulation de ces derniers dans la partie moyenne du tube digestif.

Bien que nous observions des septicémies tardives au cours des infections avec les cultures du 8ᵉ au 20ᵉ passage sur pH 9 [pouvant, comme il a déjà été signalé, se produire également, sous certaines conditions, chez les insectes contaminés par le bacille cultivé en milieu normal ([2])], ce type pathologique se montre de moins en moins effectif. Après 22 passages,

le bacille a non seulement perdu sa toxicité, mais s'avère également inapte à provoquer la mort par voie septicémique. Une absence totale de mortalité est constatée qui se maintient pour tous les passages suivants.

La virulence de *Bacillus cereus* var. *alesti* pour les Vers à soie est donc subordonnée à sa croissance sur un milieu neutre. Le passage prolongé de ce microbe sur un milieu à réaction alcaline supprime totalement toute son activité pathogène.

Il est possible que la perte de virulence des microbes entomophytes en milieu de culture et aussi la difficulté de contamination *per os* signalées chez de nombreux insectes par divers auteurs, dans le passé [Krassiltchik (3), Chatton (4), Paillot (5), etc.], puissent trouver là une explication. Ce phénomène a pu contribuer également à la constatation faite en 1915 (époque à laquelle le pH des milieux ne pouvait être contrôlé rigoureusement) par Aoki et Chigasaki (6), (7) de souches toxigènes et de souches atoxigènes de *Bacillus sotto* (Ishiwata).

La séance est levée à 16 h.

L. B.

ERRATA.

(*Comptes rendus* du 20 octobre 1952.)

Note présentée le même jour, de M. *Roger Husson*, A propos du rôle des gastrolithes chez les Écrevisses :

Page 905, 2e ligne du titre, *au lieu de* Raoul Husson, *lire* Roger Husson.

(*Comptes rendus* du 27 octobre 1952.)

Note présentée le 20 octobre 1952, de MM. *Charles Dufraisse, André Étienne* et *Edmond Toromanoff*, Études sur les phénazhydrines. Observations sur la composition de la chlororaphine :

Page 921, 6e ligne, *au lieu de* 16 g/l, *lire* 12 g/l.

---

(3) *Mém. Soc. Zool. de France*, 6, 1893, p. 245.
(4) *Ann. des Épiph.*, 1, 1912, p. 379.
(5) *L'infection chez les Insectes*, Imp. Trevoux, Patissier, 1933, p. 535.
(6) *Mitt. der Med. Fak. d. Kaiser. Univ.*, Tokyo, 13, 1915, p. 3.
(7) *Bull. Imp. Ser. Exp. Station*, Tokyo, 1, 1916.

(*Comptes rendus* du 10 novembre 1952.)

Note présentée le même jour, de M. *Pierre Tauzin*, La théorie de la photophorèse négative. Complément à deux Notes antérieures :

Page 1120, 5e ligne en remontant, *au lieu de* π, *lire* $\frac{\pi}{2}$.

(*Comptes rendus* du 24 novembre 1952.)

Note présentée le même jour, de M. *Robert Dupéron*, Les glucides des semences de Crucifères :

Page 1333, tableau, 9e et 10e lignes, *au lieu de*

Cochlearia armoricia...........	Glucides solubles totaux :			6–7
Sinapis alba....................	»	»	»	7,8

lire

Cochlearia armoracia...........	Glucides solubles totaux :			7,8
Sinapis alba....................	»	»	»	6–7

Page 1333, tableau, 11e ligne (*Capsella bursa pastoris*), *au lieu de* S. St. R., *lire* S. R. St.

(*Comptes rendus* du 1er décembre 1952.)

Note présentée le 24 novembre 1952, de M. *Matthias Matschinski*, Quelques remarques sur les processus stochastiques. Le processus stochastique dans une population :

Page 1363, 14e ligne, *au lieu de* ayant la forme, *lire* n'ayant la forme.

BULLETIN BIBLIOGRAPHIQUE.

Ouvrages reçus pendant les séances de novembre 1952.
(*suite et fin*).

Extraits des *Comptes rendus de l'Association des Anatomistes*. Strasbourg, 1948 : *Rôle de la thyroïde dans l'ostéogénèse folliculinique chez les Oiseaux*, par J. Benoit et J. Clavert. Lyon 1949 : *Étude de la formation de l'os folliculinique chez le canard pré-hypophysectomisé*, par J. Clavert et J. Benoit. Louvain, 1950 : *Ostéogenèse folliculinique chez les oiseaux. Influence des diverses glandes endocrines*, par J. Benoit et J. Clavert. Nancy 1951 : *Modification d'une coloration trichrome de Masson pour la mise en évi-*

dence supplémentaire du chondriome, par J. BENOIT et M[lle] ALINE STAUBB. Nancy 1951 : *La pars tuberalis de l'hypophyse du canard. Ses rapports avec l'éminence médiane et la préhypophyse*, par J. BENOIT et I. ASSENMACHER; 5 feuillets 24 cm.

Extraits des *Comptes rendus des séances de la Société de biologie*. T. 141, 1947 *Action de la thyroïdectomie sur l'ossification folliculinique chez le canard*, par JACQUES BENOIT et J. CLAVERT. T. 144. Séance du 21 janvier 1950 : *Réponses du mécanisme gonadostimulant à l'éclairement artificiel et de la préhypophyse aux castrations bilatérale et unilatérale, chez le canard domestique mâle, au cours de la période de régression testiculaire saisonnière*, par JACQUES BENOIT, I. ASSENMACHER et F. X. WALTER. Séance du 25 février 1950 : *La radiographie appliquée à l'étude macroscopique de l'évolution des testicules d'Oiseaux*, par I. ASSENMACHER, CH. GROS, JACQUES BENOIT et F. X. WALTER. Séance du 29 avril 1950 : *Nouvelles recherches relatives à l'action de lumières de différentes longueurs d'onde sur la gonadostimulation du canard mâle impubère*, par JACQUES BENOIT, F. X. WALTER et I. ASSENMACHER. Séance du 8 juillet 1950 : *Sensibilité testiculaire aux hormones gonadotropes hypophysaires, chez le canard domestique au cours de la période de régression testiculaire saisonnière* par JACQUES BENOIT, P. MANDEL, F. X. WALTER et I. ASSENMACHER. Id. *Activité gonadotrope de l'hypophyse du canard domestique au cours de la régression testiculaire saisonnière et de la prépuberté*, par JACQUES BENOIT, I. ASSENMACHER et F. X. WALTER. T. 145. Séance du 10 mars 1951 : *Circulation porte tubéro-préhypophysaire chez le canard domestique*, par JACQUES BENOIT et I. ASSENMACHER. Séance du 6 juillet 1951 : *Dispositifs nerveux de l'éminence médiane; leurs rapports avec la vascularisation hypophysaire chez le canard domestique*, par JACQUES BENOIT et I. ASSENMACHER; 7 fasc. 24,5 cm.

Extraits du *Journal de physiologie*, T. 42, 1950 : *Contribution à l'étude du réflexe opto-hypophysaire gonadostimulant chez le canard soumis à des radiations lumineuses de diverses longueurs d'onde*, par JACQUES BENOIT, F. X. WALTER et I. ASSENMACHER. T. 43, 1951 : *Contribution à l'étude des relations hypothalamo-hypophysaires et de leur rôle dans la gonadostimulation chez le canard domestique*, par JACQUES BENOIT et I. ASSENMACHER. Id. *Sur l'existence de deux types d'ossification nettement distincts chez les oiseaux*, par JACQUES BENOIT et J. CLAVERT; 3 feuillets 26 cm.

Extraits des *Archives d'anatomie microscopique et de morphologie expérimentale*. T. 39, n° 3, 1950 : *Différenciation sexuelle chez les Oiseaux au cours du développement normal et de l'intersexualité expérimentale par ovariectomie*, par JACQUES BENOIT. T. 40, n° 1, 1951 : *Étude préliminaire de la vascularisation de l'appareil hypophysaire du canard domestique*, par JACQUES BENOIT et I. ASSENMACHER; 2 fasc. 24 cm.

Extrait des *Archives d'anatomie, d'histologie et d'embryologie*. T. 34. Fasc. 1/8 : *Différenciation et comportement des ostéoclastes chez les oiseaux*, par JACQUES BENOIT et J. CLAVERT; 1 fasc. 24,5 cm.

Carte géologique internationale de l'Afrique. Légende stratigraphique. Feuille n° 7, exécutée conformément aux vœux du Congrès géologique international (XIII[e] session, Bruxelles, 1952). Dressée et publiée par le BUREAU D'ÉTUDES GÉOLOGIQUES ET MINIÈRES COLONIALES; 1 planche 73 cm × 69,5 cm.

Id. — Feuilles n° 5, 6, 8, à l'échelle de 1/5 000 000[e]; 3 planches 100 cm × 79 cm.

Mécanique quantique, par JEAN BARRIOL. Préface de LOUIS DE BROGLIE, in collection *Euclide*. Paris, Presses universitaires de France, 1952; 1 vol. 19,5 cm (présenté par M. Louis de Broglie).

Astronomie générale. Astronomie sphérique et Éléments de mécanique céleste, par ANDRÉ DANJON. Paris, J. et R. Sennac, 1952-1953; 1 vol. 27 cm.

Consiglio nazionale delle ricerche 2ª giornata della scienza indetta dal e μR in occasione della 30 fiera de Milano. *Convegno sulla difesa del suolo e le sistemazioni fluviali e montane Milano* 16-19 *aprile* 1952; Roma, Consiglio nazionale delle ricerche, 1952; 1 vol. 25 cm.

William Ramsay and University college London 1852-1952, by MORRIS W. TRAVERS. Privately issued by University college London in connection with the William Ramsay contenery appeal, 1 fasc. 25 cm.

The earth's equatorial radius and the distance of the Moon, by JOHN A. O' KEEFE and PAMELIA ANDERSON. Extrait de *Astronomical Journal,* 57, nº 4, 1952; 1 fasc. 26,5 cm.

Ministère de l'Éducation nationale. Comité des travaux historiques et scientifiques. *Soixante-dix-huitième Congrès des Sociétés savantes de Paris et des départements à Toulouse,* 1953; 1 fasc. 21 cm.

Documentation mathématique. Listes provisoires dressées par PAUL BELGODÈRE. Fasc. **16**. *Adresses d'expédition des échanges et services du Bulletin de la Société mathématique de France,* T. **80**, année 1952. Fasc. **17** : *Adresses d'expédition, pour affichage, des convocations et informations de la Société mathématique de France.* Fasc. **18** : *Liste géographique des membres de la Société mathématique de France.* Fasc. **19** : *Liste des titres des périodiques régulièrement reçus par la Bibliothèque mathématique de l'Institut Henri Poincaré.* Fasc. **20** : *Id. par la Bibliothèque des sciences mathématiques de l'École normale supérieure.* Fasc. **21** : *Id. par la Société mathématique de France.* Paris, 1952; 6 fasc. 28 cm.

Id. — Fasc. **22** ; *Glossaire de mathématiques élémentaires.* Première partie : *arithmétique et algèbre élémentaire,* par ARMAND BUQUET; 1 fasc. 28 cm.

Id. — Fasc. **15** : *État des périodiques figurant à la Bibliothèque des sciences mathématiques de l'École normale supérieure,* par COLETTE MARTIN; 1 fasc. 28 cm.

Précis de chimie. T. I. *Chimie générale,* par RAYMOND QUELET, in Collection *Euclide.* Paris, Presses universitaires de France, 1952; 1 vol. 19 cm.

Ministerio da economia. Comissão reguladora do comércio de Arroz. *Bibliografia orizicola portuguesa* 1800-1950, por MANUEL VIANNA E SILVA. Lisboa, 1951; 1 vol. 24 cm.

Pontificiæ academiæ scientiarum scripta varia. **10**. *Studio fisico dell' aorta normale e patologica,* par VITTORIO DAL BORGO. Ex ædibus academicis in civitate Vaticana, 1952; 1 vol. 24,5 cm.

FIN DU TOME DEUX-CENT-TRENTE-CINQUIÈME.

COMPTES RENDUS
DES SÉANCES DE L'ACADÉMIE DES SCIENCES.

TABLES ALPHABÉTIQUES.

JUILLET-DÉCEMBRE 1952.

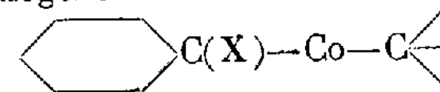
TABLE DES MATIÈRES DU TOME 235.

I. — PARTIE SCIENTIFIQUE.

A

B

C



D

E

F

G

H

I

J

K

L

M

N

O

P

Q

R

S

T

U

V

W

X

Z

II. — PARTIE ACADÉMIQUE.

A

B

C

D

E

H

N

O

P

R

S

U

V

TABLE DES AUTEURS.

A

B

C

D

E

F

G

H

I

J

K

L

M

N

O

P

Q

R

S

T

V

W

X

Y

Z

GAUTHIER-VILLARS,
ÉDITEUR-IMPRIMEUR-LIBRAIRE DES COMPTES RENDUS DES SÉANCES DE L'ACADÉMIE DES SCIENCES
Paris. — Quai des Grands-Augustins, 55.

145629-54.